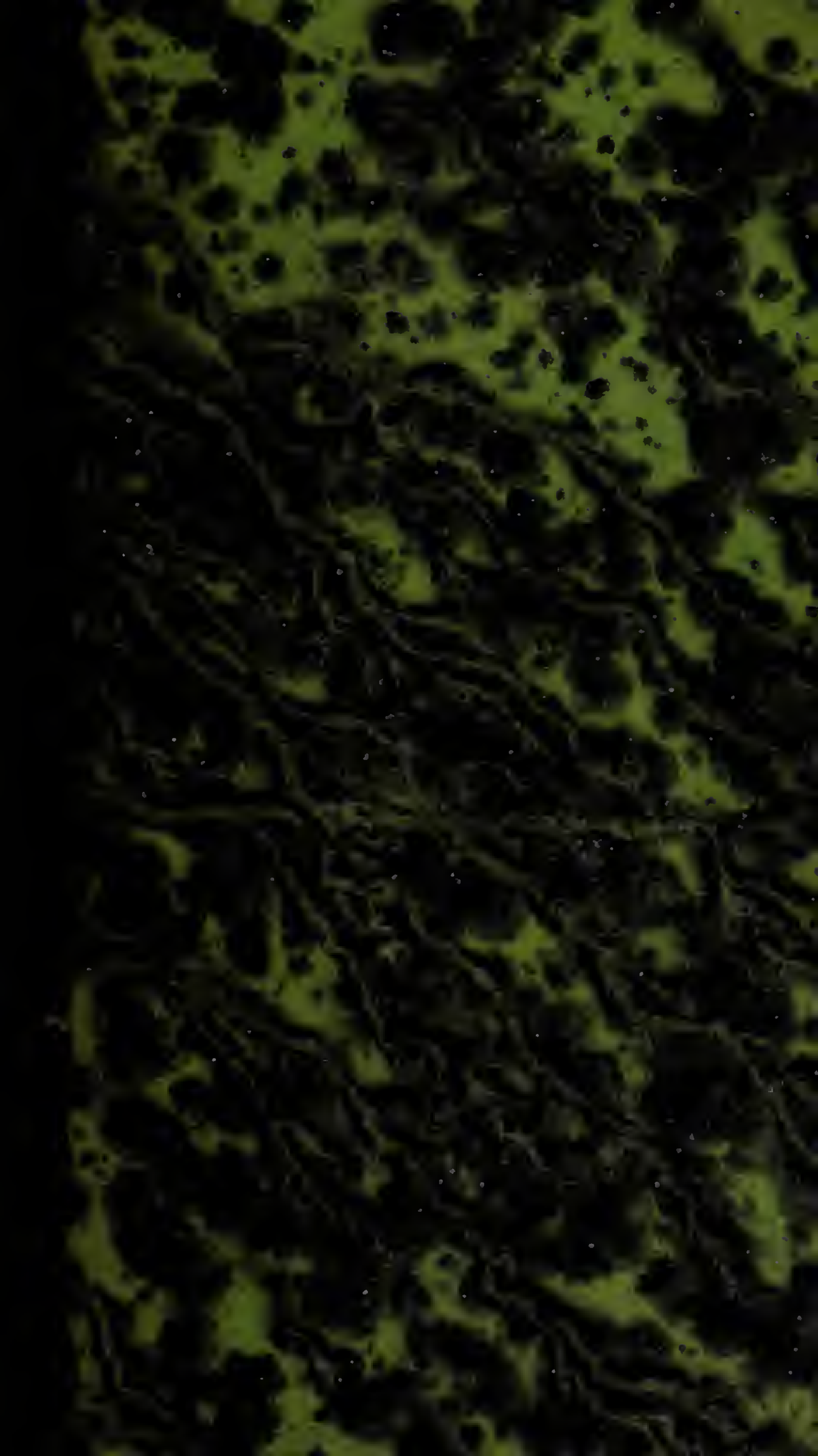


LEÇONS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE.


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE;

PAR M. L'ABBÉ NOLLET, de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, etc. Maître de Physique et d'Histoire Naturelle des Enfants de France, et Professeur Royal de Physique Expérimentale au Collége de Navarre.

TOME PREMIER.

DIXIEME ÉDITION.

A PARIS,

Chez SERVIERE, Libraire, rue du Foin-Saint-Jacques.

AN 10. — (1802.)

AVIS AU RELIEUR.

Les planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant elles puissent sortir entiérement du livre, et se voir à droite, dans l'ordre qui suit.

TOME PREMIER.

CVIII.	Pages.	Planches *.
I. Leçon.	34.	1
	50.	2
	60.	3
	80.	4
II. Leçon.	96.	1
	120.	2
	136.	3
	176.	4
III. Leçon.	188.	1
	222.	2
	258.	3
IV. Leçon.	270.	1
	276.	2
	288.	3
	300.	4
	314.	5
	326.	6
	372.	7



A MONSEIGNEUR

LE DAUPHIN.

MONSEIGNEUR,

Ayant conçu le dessein d'écrire et de donner au Public les Leçons de Physique expérimentale que je ſais de vive voix depuis plusieurs années, pourrois-je les lui offrir dans une circonstance plus heu-

reuse que celle où Vous voulez bien les honorer de votre présence et de votre attention ? En mettant au jour cet Ouvrage, je suis dispensé maintenant de vanter l'utilité de son objet, et d'en faire connoître la dignité ; l'une et l'autre sont prouvées, dès que cet objet est de votre goût, et qu'il a été approuvé par le sage Conseil qui regle vos études : un tel exemple apprendroit, si l'on ne le savoit pas, que la connoissance des effets naturels convient à tous les états ; on pourroit en conclure aussi qu'elle convient à tous les âges, si vous n'aviez fait que des progrès ordinaires dans les autres sciences, et si l'on ignoroit les preuves que vous avez données d'un génie prématuré,

Depuis dix ans que je travaille à former et à perfectionner une Ecole de Physique, ce qui a le plus animé et soutenu mon zèle dans cette laborieuse entreprise, c'est, MONSEIGNEUR, de m'être flatté que je pourrois un jour vous en offrir les fruits : je touche enfin au terme de mes desirs et de mes espérances ; vos ordres m'appellent. *

Le Public qui apprendra mon bonheur par cette Epître, verra sans doute avec plaisir, qu'en faisant usage de mes foibles talens, vous honorez de vos regards et de vos faveurs un établissement auquel il a bien voulu ap-

* La première édition de cet Ouvrage fut faite en 1743, lorsque l'Auteur fut appellé à la Cour pour donner des Leçons de Physique à Monsieur le Dauphin.

plaudir ; et tout le monde sentira comme moi-même, combien je suis heureux d'avoir une occasion si favorable d'exercer mon zèle, et de donner un témoignage public de l'attachement inviolable, et du profond respect avec lesquels je dois et je veux être toute ma vie,

MONSEIGNEUR,

Votre très-humble, très-obéissant, et très-fidèle serviteur,
J. A. NOLLET.



PREFACE.

UNE science qui n'embrasse que des questions frivoles, ou qui ne termine celles qui paroissent être de quelque importance que par des probabilités, et en s'appuyant sur des hypothèses, n'intéresse ordinairement qu'un petit nombre d'esprits ; il est rare qu'on y prenne goût, et le temps ne peut guere en étendre les limites, s'il n'en réforme l'objet ; parce que le desir de savoir, qui naît avec nous, et qui seul peut exciter notre attention, nous porte naturellement vers le vrai, et ne peut nous y fixer que quand nous y prenons quelque intérêt.

L'histoire de la Physique, si l'on se

rappelle les révolutions qu'elle a éprouvées, est très-capable de justifier cette réflexion.

Pendant près de vingt siecles, cette science n'a été presque autre chose qu'un vain assemblage de systêmes appuyés les uns sur les autres, et assez souvent opposés entr'eux. Chaque Philosophe se croyant en droit d'élever un pareil édifice à sa mémoire, s'est efforcé de l'établir sur les ruines de ceux qui l'avoient précédé; de temps en temps l'on a vu qu'une vraisemblance en effaçoit cent autres.

Ces exemples tant de fois renouvellés, ne devoient pas donner beaucoup de crédit aux opinions philosophiques; l'effet le plus naturel qu'on devoit en attendre, et qu'ils ont eu, c'étoit de tenir les hommes dans la défiance sur la doctrine des Physiciens; et l'on ne doit pas être surpris que leur curiosité n'ait été que

médiocrement piquée par des connoissances où ils voyoient régner tant d'incertitudes. L'obscurité du langage a dû les rebuter encore plus. Dans ces temps de barbarie, comme si les sciences, rougissant de leur état, n'eussent osé se montrer à découvert, ceux qui faisoient profession de les posséder, affectoient des expressions qui n'offroient que des idées confuses, et dont la plupart étoient absolument inintelligibles pour quiconque n'étoit pas encore convenu de s'en contenter. On donnoit pour des explications certains mots vuides de sens, qui s'étoient introduits sous les auspices de quelque nom célebre, et qu'une docilité malentendue avoit fait recevoir, mais dont un esprit raisonnable ne pouvoit tirer aucune lumiere.

Enfin la Physique, si mal cultivée jusqu'alors, et si peu connue, parut au grand jour, et se fit goûter lors-

qu'elle offrit des découvertes utiles, des vérités évidentes, lorsqu'elle put se faire honneur d'être entendue de tout le monde. Descartes, son premier réformateur, après l'avoir tirée de l'obscurité des Ecoles, où elle avoit vieilli sous l'autorité d'Aristote, ne lui laissa, pour ainsi dire, que le nom qu'elle avoit coutume de porter, et la rendit telle, que les Ecoles réformées elles-mêmes peu-à-peu, ont adopté, depuis, ce qu'elle a reçu de nouveau, et l'enseignent présentement en termes intelligibles.

Cette réforme porta principalement sur la maniere d'étudier la Nature. Au lieu de la deviner, comme on prétendoit l'avoir fait jusqu'alors, en lui prêtant autant d'intentions et de vertus particulieres qu'il se présentoit de phénomenes à expliquer, on prit le parti de l'interroger par l'expérience, d'étudier son secret par des

observations assidues et bien méditées, et l'on se fit une loi de n'admettre au rang des connoissances, que ce qui paroîtroit évidemment vrai. La nouvelle méthode fit de véritables Savants; et leurs découvertes excitant de toutes parts l'attention et la curiosité, on vit naître des Amateurs de tout sexe et de toute condition.

Le goût de la Physique devenu presque général, fit souhaiter qu'on en mît les principes à la portée de tout le monde. Bientôt on vit paroître en différentes Langues des Traités élémentaires, qui remplirent à cet égard les desirs du Public. Mais la science dont ils traitent, se perfectionne tous les jours; les découvertes se multiplient, les erreurs se corrigent, les doutes s'éclaircissent : les mêmes motifs qui ont fait écrire ces éléments, doivent porter à les renouveller de temps en temps, pour y faire entrer

les augmentations, les corrections, les éclaircissements qui intéressent nécessairement ceux qu'une louable curiosité rend attentifs aux progrès de cette science. D'ailleurs il est à propos que ces sortes d'ouvrages soient proportionnés au génie et à la portée des personnes à qui on les destine : j'en connois d'excellents en ce genre qui réussissent en Angleterre, en Hollande, en Allemagne, et qui, s'ils étoient traduits dans notre Langue, n'auroient peut-être pas un aussi grand nombre de Lecteurs en France, parce que les principes y sont serrés, et qu'il faut, pour les entendre, une attention trop suivie de la part de ceux qui ne voudroient que s'amuser utilement; et parce qu'on y a employé plus de géométrie que les gens du monde n'en savent communément.

Il y a environ cinq ans, que publiant le Programme de mon Cours

de Physique expérimentale, je rendis compte de la maniere dont j'avois formé cet établissement, et des progrès qu'il avoit faits depuis sa naissance. J'offris alors ce petit volume au Public, comme une Table * des matieres que je me proposois de rassembler dans un Ouvrage plus considérable, pour lui être présenté, s'il continuoit de m'accorder des suffrages, et si j'avois lieu de me flatter que mes Leçons fussent encore de son goût. Cette condition a été remplie au-delà de mes vœux : lorsque je la fis, c'étoit un motif, et en même temps une regle que je prescrivois à mon zele ; mais je ne regardois alors qu'autour de moi ; attentif au jugement qu'on porteroit de mes efforts et de leurs succès, je n'étendois pas mes vues plus loin que l'enceinte de

* Programme, ou Idée générale d'un Cours de Physique, *dans la Préf.* XXXIII.

Paris. Je ne présumois pas que mes foibles talents se feroient connoître au-delà des Alpes, * et que j'aurois l'honneur de les aller exercer dans une Cour étrangere.

Je ne présumois pas que mon Ecole seroit non-seulement applaudie, mais imitée dans nos provinces ** par les

* En 1739, je fus appellé à la Cour de Turin, où je restai plus de six mois pour donner des Leçons de Physique à S. A. R. Monseigneur le Duc de Savoye. Après quoi le Roi de Sardaigne fit placer à l'Université tous les instruments que j'avois portés, afin que les Professeurs pussent s'en servir dans la suite pour cultiver et pour enseigner la Physique par voie d'expérience.

** Depuis la publication de mon Programme, plusieurs Colleges des Jésuites, des PP. de l'Oratoire, de la Doctrine Chrétienne, et de Saint-Lazare, se sont mis dans l'usage de représenter les preuves d'expérience dans les exercices publics.

L'Université de Rheims en use de même; et j'y ai envoyé une collection d'instruments qui est déjà très-considérable.

L'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bordeaux, s'est aussi meublé, depuis quelques

Colleges, par les Universités, par les Académies même. Enfin je ne présumois pas que nos Princes honoreroient * mes Cours et de leur présence et de leur attention ; qu'ils voudroient bien unir leur voix à celle du Public, et que l'épreuve qu'ils feroient de ma maniere d'enseigner, me vaudroit enfin l'honneur de travailler sous les yeux et pour l'utilité de Monseigneur le Dauphin. Ce dernier avantage excitoit mon zele ; mais je le desirois plus alors que je n'osois l'espérer.

Ces événements que je ne rappelle

années, un beau Cabinet de Machines et d'Instruments de Physique, dont elle m'a fait l'honneur de confier l'exécution à mes soins.

* En 1738, Monseigneur le Duc de Penthievre voulut voir un de mes Cours de Physique, auquel S. A. S. assista avec beaucoup d'assiduité et d'attention ; peu de temps après j'eus l'honneur d'en faire un à Versailles pour S. A. S. Monseigneur le Duc de Chartres, à la clôture de ses études.

point ici par un sentiment de vanité, quoiqu'ils soient bien capables d'en inspirer, m'assurent en quelque sorte du succès de mon entreprise, et de l'approbation que l'on veut bien lui continuer. C'est donc pour m'acquitter de la promesse que j'ai faite sous cette condition, que je publie aujourd'hui cet Ouvrage. Je ne m'excuserai pas d'en avoir différé cinq ans l'impression; si j'ai quelque reproche à craindre, c'est peut-être de l'avoir donné trop tôt; car s'il est tel que je le souhaite, les personnes à qui je le destine, ne me sauront pas mauvais gré d'y avoir employé tout le temps qu'il me falloit pour le rendre digne d'elles.

Le titre de l'Ouvrage annonce ce qu'il est; ce sont mes Leçons telles que j'ai coutume de les faire depuis neuf ans, à des Compagnies qui s'assemblent pour les prendre en com-

mun. Je suppose toujours que le plus grand nombre n'est pas en état d'entendre les expressions d'Algebre ou de Géométrie, et certains détails qui s'écartent trop des premiers principes; je pense aussi que l'utilité qu'on en peut attendre, ne seroit point apperçue par ceux qui ne font que s'initier, ou qui ont résolu de ne donner à cette étude que des moments de récréation, qui ne prennent rien sur des occupations plus nécessaires relativement à leur état ou à leur goût. C'est pourquoi, plus occupé du soin de me faire entendre, que du reproche qu'on me pourroit faire d'avoir abandonné le langage des Sciences dont il est assez ordinaire de se parer, je tâche de parler et d'écrire comme ont fait avant moi quantité d'Auteurs reconnus pour bons, et dont les Ouvrages pour la plupart peuvent être mis entre les mains de tout le monde.

Ce n'est pas que je n'estime, comme on le doit, ces façons de s'exprimer, qui sont certainement plus précises, plus abrégées, et qui mettent en état de suivre plus loin une grande partie des connoissances qui font l'objet de mes Leçons; je m'en sers même fort utilement, lorsque je travaille en particulier avec des personnes qui veulent faire une étude plus sérieuse de la Physique, et qui s'y sont préparées par celle des Mathématiques; mais ayant égard au plus grand nombre de mes Lecteurs, je n'ai pas cru qu'il fût à propos de faire entrer dans le même Ouvrage ces calculs et ces détails, dont ils pourront absolument se passer, et qui exigeroient d'eux plus d'efforts et d'application qu'on ne peut, ou qu'on ne doit en attendre; j'ai mieux aimé les réserver pour des Volumes séparés, que je pourrai donner dans la suite

par forme de Suppléments, et sous le titre d'*Annotations*.

Quoique je me sois abstenu d'employer aucune expression d'Algebre, aucun signe de Géométrie, par ménagement pour le lecteur à qui ce langage ne seroit point assez familier; je n'ai pourtant point porté ces sortes d'égards jusqu'à m'interdire l'usage des termes consacrés; j'ai conformé ma diction à celle qui est généralement reçue, afin que la lecture de mon Ouvrage puisse servir d'introduction à celle des autres Livres de Physique; mais j'ai eu soin de distinguer ces mots par le caractere italique, la premiere fois qu'ils sont employés, de les définir et de les expliquer le plus nettement qu'il m'a été possible. Et pour ne point interrompre aussi le discours par des définitions trop fréquentes, et qui seroient inutiles pour quantité de personnes,

j'ai mis à la tête de ce premier Volume un petit Dictionnaire et une Planche où les Commençants trouveront l'explication des termes qui se rencontrent fréquemment dans le cours de l'Ouvrage, et que j'ai supposé être connus du plus grand nombre.

Je ne me présente ici sous les auspices d'aucun Philosophe; ce n'est ni la Physique de Descartes, ni celle de Newton, ni celle de Leibnitz, que je me suis prescrit de suivre particuliérement; c'est sans aucune préférence personnelle, et sans distinction de nom, celle qu'un accord général et des faits suffisamment constatés me paroissent avoir solidement établie. Pénétré de respect, et même de reconnoissance pour les grands hommes qui nous ont fait part de leurs pensées, et qui nous ont enrichis de leurs découvertes, de quelque Nation qu'ils soient, et dans quelque temps

qu'ils aient vécu, j'admire leur génie jusques dans leurs erreurs, et je me fais un devoir de leur rendre l'honneur qui leur est dû; mais je n'admets rien sur leur parole, s'il n'est frappé au coin de l'expérience ou démontré selon les regles : en matiere de Physique, on ne doit point être esclave de l'autorité; on devroit l'être encore moins de ses propres préjugés, reconnoître la vérité par-tout où elle se montre, et ne point affecter d'être Newtonien à Paris, et Cartésien à Londres.

Pour me renfermer plus exactement dans les bornes de mon Titre, je me suis dispensé de rapporter les différents systêmes qui ont été proposés sur le méchanisme de l'Univers, et qui ont partagé les Philosophes tant anciens que modernes. Quoiqu'on puisse absolument ignorer tous ces efforts d'imagination, qui pour la

plupart ne font point assez d'honneur à l'esprit humain, et dont le plus beau ne peut passer que pour un ingénieux *peut-être* ; cependant on ne peut guere se refuser la connoissance de ceux qui ont eu le plus de crédit, et je rapporterois volontiers ici ce qu'ont pensé Descartes et Newton à cet égard, si je n'avois été prévenu par un Auteur, dont l'Ouvrage * est entre les mains de tout le monde, et qui a traité cette matiere avec le même agrément qu'on rencontre dans tous ses Ecrits.

C'est encore pour ne point passer au-delà d'une Physique sensible et appuyée sur des faits, que j'écarte soigneusement toutes les questions métaphysiques qui pourroient tenir en quelque sorte aux matieres que j'ai à traiter : si l'on est curieux de suppléer à cette omission, que j'ai faite à dessein, on pourra lire avec beaucoup

* Hist. du Ciel, Liv. 2.

de satisfaction les ouvrages du P. Mallebranche, et sur-tout celui qui a pour titre, *la Recherche de la Vérité*.

J'ai suivi, en écrivant mes Leçons, la même méthode que j'ai coutume d'employer quand je les fais de vive voix. Je choisis dans chaque matiere ce qu'il y a de plus intéressant, de plus nouveau, et qui me paroît le plus propre à être prouvé par des expériences. J'explique, avec le plus de précision et de netteté qu'il m'est possible, l'état de la question, j'en rappelle l'origine, et j'indique, autant que je le sais, les Auteurs qui passent pour l'avoir traitée avec le plus de succès : je la prouve ensuite par des opérations dont je fais connoître le méchanisme, ayant soin d'en écarter tout ce qui pourroit s'y mêler d'étranger, pour ne point partager l'attention. Enfin je ramene, soit à la question même, soit aux faits qui m'ont servi de preuves, tout ce qui

peut y avoir rapport dans les Phénomenes de la nature, dans les procédés des Arts, dans les machines le plus en usage pour les commodités de la vie civile. C'est ainsi que j'en ai toujours usé depuis l'établissement de mes Cours; et quoique j'aie étudié avec attention le goût du Public à cet égard, je n'ai rien apperçu qui pût me déterminer à changer cet ordre: j'ai cru voir au contraire qu'il avoit tout l'effet que je m'étois proposé qu'il eût. Il m'a semblé que des principes assez souvent abstraits, et que l'on ne pourroit apprendre de suite sans une application laborieuse, s'insinuoient plus aisément dans l'esprit, lorsqu'ils étoient ainsi entre-coupés par des expériences intéressantes, qui obligent d'en reconnoître et la vérité et l'utilité.

Dans la distribution des Matieres, qu'on doit regarder comme le fond de cet Ouvrage, je me suis attaché

à rassembler, sous un même titre, celles qui sont nécessairement liées, et j'ai eu soin de faire précéder les propositions qui peuvent s'entendre plus facilement, et qui doivent servir comme de principes pour l'intelligence des autres ; ainsi, quoiqu'on puisse à la rigueur prendre chaque leçon séparément, et que la plupart aient entr'elles une espece d'indépendance, je conseillerai toujours au lecteur qui voudroit les suivre avec plus de facilité et de profit, de les voir dans l'ordre où elles sont, parce qu'il trouvera dans les premieres des notions qui pourront l'aider pour la suite.

Les faits dont je me sers pour prouver mes propositions, ne sont pas toujours ni aussi nombreux ni aussi nouveaux qu'ils pourroient l'être. Ceux qui ont vu l'appareil de mes Instruments, en assistant à mes cours, se-

ront peut-être surpris de ne retrouver dans les gravures de cet ouvrage, qu'une partie de ce qu'ils ont vu dans mes cabinets; il est juste d'exposer les motifs qui m'ont fait supprimer ce qu'on pourroit peut-être desirer de plus, si j'annonçois ces volumes comme un recueil de mes Démonstrations.

Depuis que j'enseigne la Physique expérimentale, j'ai eu tout lieu de reconnoître que le moyen le plus sûr de captiver l'attention, et de faire naître promptement les idées, c'est de parler aux yeux par des opérations sensibles. En conséquence de cette vérité, je me suis pourvu de certaines machines que j'ai imaginées pour faire entendre mes pensées aux personnes qui n'ont des sciences qu'une teinture très-légère, et pour leur faire prendre plus facilement et en moins de temps, certaine notions sans lesquelles on ne saisiroit pas bien l'état

d'une

d'une question, ou les preuves qui en établissent la théorie Mais comme ces moyens n'ont de force que dans l'usage même qu'on en fait, et que les pieces qui les composent n'expriment rien, si elles ne sont en jeu, il eût été inutile d'en donner la figure ou la description; c'eût été multiplier, sans aucun avantage, des planches qui sont déjà assez nombreuses.

Une autre raison pour laquelle je me suis dispensé de représenter dans cet ouvrage tout ce qu'on voit dans mon école, c'est que je n'ai pas cru devoir y faire entrer plus d'expériences qu'il n'en faut pour prouver solidement la doctrine qu'il renferme. Je l'ai déjà dit ailleurs *; je n'ai jamais prétendu faire de mes leçons, un spectacle de pur amusement, où l'on vît répéter, sans dessein et sans choix,

* Program. ou Idée gén. d'un Cours de Phys. dans la préf. p. x.

un grand nombre d'expériences capables seulement d'occuper les yeux. Je crois être plus en état que personne en France, de satisfaire les curieux par l'assortiment des machines dont je suis muni; mais je serois peu flatté qu'on ne vînt chez moi que pour voir; et je suppose toujours une curiosité plus raisonnable dans mes Auditeurs. C'est pourquoi, de tous les faits que je suis en état de produire pour prouver chaque proposition, je n'en emploie jamais qu'un certain nombre qui soit suffisant; et par cette économie je gagne du temps pour des choses plus nécessaires, et je me mets en état de varier agréablement et utilement mes preuves, pour des personnes qui assistent plusieurs fois à mes Cours. J'ai eu la même attention en écrivant; je n'ai point voulu que le Lecteur, ébloui d'un nombre superflu d'opérations, pût perdre de vue les

vérités qu'il s'agit d'établir : en lui rapportant des faits dignes d'attention, j'ai compté mettre sous ses yeux des preuves qui affermissent ses connoissances. En un mot, soit en ouvrant mon école au public, soit en lui offrant mes Leçons écrites, mon intention a toujours été qu'il y trouvât un cours de Physique expérimentale, et non pas un cours d'expériences.

Par la description que j'ai donnée des instrumens, sous le titre de *Préparation*, je n'ai pas prétendu mettre suffisamment au fait de leur construction ceux qui voudroient les imiter : il auroit fallu entrer dans un détail de proportions, de choix de matieres, de précautions à prendre, et bien souvent de connoissances un peu etrangeres à mon objet, qui auroit grossi considérablement les volumes, et cela en pure perte pour la plupart des Lecteurs, à qui il suffit de voir en gros,

qu'un tel effet peut être produit par une certaine mécanique. Mais comme je sens de reste combien il seroit utile qu'il y eût de bonnes instructions sur le choix des instrumens de Physique et sur la maniere de les construire, pour aider le zèle des amateurs ou des savans qui s'appliquent à cette science, et dont le nombre s'accroît tous les jours, j'ai résolu de rassembler, dans un ouvrage séparé, ce qu'un long usage aura pu m'apprendre touchant cette matiere. Ce dessein s'exécute actuellement, et l'on peut en voir quelques fragmens dans les mémoires de l'Académie des sciences pour les années 1740 et 1741, où j'ai seulement supprimé les pratiques qui regardent l'ouvrier.

Quant au choix des expériences, j'ai quelquefois préféré celles qui sont connues depuis long-temps, à d'autres plus récentes, parce que je leur

ai trouvé un rapport plus direct aux propositions que j'avois à prouver, ou parce qu'elles donnoient lieu à des applications plus intéressantes, ou bien enfin parce qu'elles m'ont paru trop belles pour être omises; leur date alors m'a semblé d'autant plus indifférente, que, comme cet ouvrage n'est point fait pour des Savans de profession, la plupart de ceux qui les y verront, leur trouveront encore tout l'agrément de la nouveauté; et d'ailleurs les choses n'ont-elles de mérite, qu'autant qu'elles sont nouvelles?

On me reprochera peut-être d'avoir fait entrer dans les *Applications* quelques remarques d'une mince utilité; soit que l'objet en mérite peu la peine, soit qu'elles se présentent d'elles-mêmes à tout le monde. Mais on doit faire attention que cet ouvrage n'est pas fait seulement pour des personnes

qui ont déjà vécu un certain temps dans le monde, et à qui l'usage a donné quelques idées obscures et confuses à la vérité, mais avec lesquelles on peut sentir les causes prochaines de ces effets les plus communs. Je le destine principalement aux jeunes gens de l'un et de l'autre sexe, qui passent les premieres années de leur vie dans des colleges ou dans des pensions, pour qui tout est nouveau dans la nature, dont l'esprit est naturellement avide de ces sortes de connoissances, et qu'il convient d'accoutumer par des exemples faciles et familiers, à des idées claires et distinctes, et à des inductions judicieuses; car c'est la réflexion d'un savant bien respecté, et bien digne de l'être, qu'il est toujours utile de penser juste, même sur des sujets inutiles *.

* M. de Fontenelle, Hist. de l'Académie des sciences, 1699, dans la préf. p. xx.

Au reste, il faut prendre garde de confondre l'effet avec sa cause; l'un pourroit être connu du paysan le moins instruit, pendant que l'autre ne le seroit pas du plus savant philosophe. Quelqu'un ignore-t-il qu'une éponge, une pierre tendre, un morceau de sucre se mouille entiérement avant que d'être tout-à-fait plongé? mais sait on bien pourquoi cela se fait? D'ailleurs, les phénomenes les plus communs ne le paroissent pas toujours également, quand on les considere par toutes les faces. Tout le monde sait qu'une pierre tombe en vertu de sa pesanteur; mais tout le monde ne sait pas qu'en tombant elle doit parcourir des espaces qui répondent aux quarrés des temps de sa chûte. En faisant application de ce dernier effet, après l'avoir prouvé, si je dis qu'une bouteille ou un verre peut se casser en tombant, assurément

je n'instruis personne ; si je dis encore qu'en tombant de plus haut, les corps fragiles courent un plus grand risque, cette vérité ne paroîtra pas plus neuve que la premiere : mais si j'ajoute qu'un corps grave, en tombant, se brise en vertu de sa chûte accélérée, et qu'on peut prévoir l'effort qu'il sera capable de faire à la fin de cette chûte, en mesurant la hauteur du lieu d'où il tombe, je ne crois pas que cette observation soit inutile pour tous ceux à qui je la propose; et si quelqu'un, après l'avoir lue, se plaignoit que j'aie voulu lui apprendre qu'un verre peut se casser en tombant, ou qu'il se brise plus sûrement en tombant de plus haut, il feroit voir qu'il a peu de discernement, ou beaucoup de mauvaise humeur.

Graces au bon goût qui regne dans notre siecle, je pourrois me dispen-

ser de prouver que la Physique est utile, et qu'il n'y a personne qui ne puisse prendre part aux découvertes dont elle s'enrichit tous les jours. Quoique cette science porte un nom grec, on sait maintenant que son objet n'est point étranger; que les connoissances qu'elle offre, intéressent tout le monde, et que lorsqu'elle prononce par la voix de l'expérience, elle peut être entendue à tout âge et en tous lieux. L'étude de la nature étoit encore, pour ainsi dire, au berceau; la connoissance qu'on avoit de ses phénomenes et de leurs causes, méritoit à peine le nom de science, qu'un des plus grands hommes de l'antiquité la vantoit déjà comme une ressource pour l'esprit humain, comme une occupation dont il pouvoit tirer avantage dans tous les temps et dans toutes les circonstances

de la vie *. Avec combien plus de raison ne pourroit-on pas la recommander comme telle, à présent qu'elle occupe dans tous les états policés des compagnies de savans, que les princes honorent de leur protection, et qu'ils entretiennent par leurs libéralités; à présent, dis-je, que ses progrès s'annoncent tous les ans par des volumes, où chacun peut puiser selon son goût, ou selon ses besoins, des connoissances, dont le moindre avantage est d'orner l'esprit ?

Quelque état que l'on prenne dans le monde, il est bien rare que l'on n'ait pas à réfléchir sur la force des corps qui se meuvent par leurs poids,

* *Hæc studia adolescentiam alunt, senectutem oblectant; secundas res ornant, adversis perfugium ac solatium præbent; delectant domi, non impediunt foris: pernoctant nobiscum, peregrinantur, rusticantur.* Cicer. pro Archia Poet. n.° 16.

ou autrement, sur celle des animaux, sur l'impulsion et le mouvement des fluides, sur l'action et sur les effets d'une infinité de machines nouvelles ou anciennes, touchant le choix desquelles on a souvent intérêt de savoir décider à propos. Est-il possible de voir les effets admirables des télescopes, des lunettes, des microscopes, dont l'usage est aujourd'hui si commun, sans desirer d'en connoître la méchanique et les propriétés sur lesquelles la construction de ces instrumens est fondée ? A qui peut-il être inutile d'apprendre ce qu'il y a de nouveau dans une science d'où dépendent nos amusemens les plus raisonnables, nos commodités, nos besoins ? A qui peut-il être indifférent de savoir ou d'ignorer des choses qui peuvent occuper au moins agréablement dans des temps, dans des lieux où les douceurs de la société nous manquent?

Mais l'avantage le plus précieux, et que toute ame bien née ne manque pas de ressentir en étudiant la Nature, c'est la nécessité où l'on est de reconnoître par-tout l'Etre suprême qui a formé ce vaste univers, et qui préside sans cesse à ses propres œuvres. Plus on avance dans cette étude, plus on est convaincu que ce qui en fait l'objet, n'est point une production du hasard; tout y annonce une puissance infinie qui étonne, une sagesse profonde qu'on ne peut assez admirer, des intentions et une bonté qui méritent toute notre reconnoissance. Ces merveilles que nous avons sous les yeux parlent au cœur, autant qu'à l'esprit; en éclairant l'un, il est naturel qu'elles touchent l'autre: ce que nous en apprenons en nous rendant moins ignorans que le vulgaire, peut aussi faire naître en nous des sentimens plus vifs, et nous rendre plus fideles à nos devoirs.

Un illustre Prélat *, en faisant l'histoire de l'éducation d'un grand prince, qui lui avoit été confiée, me fournit un exemple et une preuve bien authentique des bons effets qu'on peut attendre de la Physique, lorsque les principes de cette science sont enseignés avec dessein et avec choix, et que celui qu'on en instruit est capable de réflexions. Je finis cette préface par la traduction de ses propres paroles, telle qu'on la trouve dans celui de ses ouvrages qui a pour titre : *Politique tirée de l'Ecriture sainte*, p. 41 **. « Pour l'expérience des

* M. Bossuet, évêque de Meaux, dans sa lettre latine au pape Innocent XI, touchant l'éducation de feu Monseigneur le Dauphin, p. 16.

** *Experimenta verò rerum naturalium sic exhibere fecimus, ut in his Princeps ludo suavissimo atque utilissimo, humanæ mentis historiam, præclaraque artium inventa, quibus naturam et retegerent et ornarent, interdum adjuvarent; ipsam denique naturæ artem, imo summi Opificis et patentissimam et occultissimam providentiam miraretur.* Bossuet, loco citato.

» choses naturelles, dit-il, nous
» avons fait faire devant le Prince
» les plus nécessaires et les plus belles.
» Il n'y a pas moins trouvé de profit
» que de divertissement; elles lui ont
» fait connoître l'industrie de l'esprit
» humain, et les belles inventions des
» arts, soit pour découvrir les secrets
» de la nature, ou pour l'embellir,
» ou pour l'aider. Mais ce qui est
» plus considérable, il y a découvert
» l'art de la nature même, ou plutôt
» la providence de Dieu, qui est tout
» à-la fois si visible et si cachée ».



DISCOURS*

Sur les dispositions et sur les qualités qu'il faut avoir pour faire du progrès dans l'étude de la Physique expérimentale.

ON peut dire des Eſprits qui s'appliquent aux Sciences, ce qu'un Poëte célebre nous fait obſerver touchant les différentes terres que l'on cultive; comme elles ne ſont pas également propres à toutes ſortes de productions (1), nous ne devons pas non plus nous attendre que chaque génie réuſſiſſe dans quelqu'étude qu'il s'engage : s'il en eſt d'aſſez heureuſement nés pour pouvoir ſe flatter d'un ſuccès univerſel, ce ſont de ces exemples rares, qu'il faut moins attendre qu'admirer, quand ils ſe rencontrent : ſelon le cours ordinaire de la nature, nous naiſſons preſque tous avec une

* Ce Discourse a été prononcé le 16 Mai 1753, à l'ouverture de la nouvelle Ecole de Physique expérimentale établie par le Roi, et publié ensuite par ordre de l'Université.

(1) *Nec verò terræ ferre omnia possunt.* Virg. Georg. lib. 2.

aptitude particuliere pour quelque objet ; heureux celui qui n'en eſt point détourné par un choix forcé, ou par des circonſtances contraires à ſon inclination ! Il eſt donc raiſonnable d'examiner d'une part de quelle ſorte d'application un homme eſt capable, & de l'autre, ce qu'exige de lui l'espece d'étude à laquelle on voudroit l'appliquer, afin d'aſſortir le travail au goût & au pouvoir de celui qui l'entreprend, & de ne point tomber dans le défaut d'un laboureur qui enſemenceroit de froment une terre deſtinée par la nature à porter une forêt.

C'eſt pour faciliter un tel examen, que je me ſuis propoſé de raſſembler dans ce Diſcours les différentes parties d'un Phyſicien qui s'applique à l'art des Expériences, & de faire comprendre par-là les diſpoſitions & les qualités avec leſquelles il peut eſpérer de réuſſir. Il entre dans mon deſſein de montrer les difficultés & les peines qui accompagnent cette étude ; mais je ne diſſimulerai pas les avantages, ni les agréments qu'on y peut goûter : ce vaſte champ eſt parſemé de fleurs, comme il eſt hériſſé d'épines ; ſi j'en éloigne ceux qui ne ſeroient point propres à le par-

courir avec fruit, je desire plus que personne qu'il ne soit point abandonné, que les richesses qu'il renferme, se découvrent de plus en plus, & qu'elles soient recueillies de même.

L'objet de la Physique expérimentale est de connoître les phénomenes de la nature, & d'en montrer les causes par des preuves de fait : elle differe de l'Histoire naturelle, en ce que celle-ci, sans rendre raison des effets, a pour but principal de nous donner en détail la connoissance des corps dont l'univers est composé, de nous en faire distinguer les genres, les especes, les variétés individuelles, les rapports que ces êtres ont entr'eux & leurs différentes propriétés. La premiere de ces deux Sciences entreprend de nous dévoiler le méchanisme de la nature ; la derniere nous offre, pour ainsi dire, l'inventaire de nos richesses : l'une & l'autre sont tellement liées ensemble, qu'il est presqu'impossible de les séparer : un Physicien qui n'est point Naturaliste, est un homme qui raisonne au hazard & sur des objets qu'il ne connoit point ; le Naturaliste, qui n'est pas Physicien, n'exerce que sa mémoire. S'appliquer à la Physique expé-

rimentale, c'eſt donc s'engager à étudier la Nature, non-ſeulement dans ſes effets, mais encore dans les différents matériaux qu'elle emploie pour les produire ; c'eſt l'examiner dans tout ce qu'elle a fait, pour ſe mettre plus en état d'apprendre de quelle maniere elle agit.

Je vois principalement deux choſes à faire pour quiconque voudra parvenir à cette double connoiſſance. La premiere, & par laquelle il faut commencer, eſt de ſe mettre bien au fait de certaines vérités qui ſont reçues comme principes, & de s'inſtruire de toutes les découvertes qui ont été faites avant nous. La ſeconde eſt de travailler à augmenter ce premier fonds de connoiſſances, par ſes propres recherches, ou en profitant de celles des contemporains. Nous n'oſons prétendre, nous ne devons pas même deſirer, que tous nos Auditeurs ſe faſſent Phyſiciens de l'une & de l'autre maniere ; l'intérêt commun des Sciences demande que les hommes ſe partagent pour les cultiver ; la plupart de ceux qui auront ſuivi nos Leçons, entraînés par d'autres goûts, ou privés des moyens néceſſaires pour ſe livrer à de nouvelles

recherches, s'en tiendront ſans doute au premier degré d'inſtruction, ſe contentant de bien entendre & de ſavoir ce que le travail d'autrui leur aura offert. Mais en même temps, nous nous flattons que dans le grand nombre, il s'en trouvera pluſieurs à qui nous ferons naître le deſir de porter plus loin cette étude, & qui s'y livreront dans la ſuite entiérement, ou du moins dans les moments de loiſir que leurs profeſſions & leurs affaires leur pourront laiſſer. Comme les uns & les autres doivent commencer de la même façon, je vais d'abord tracer la route que doivent ſuivre ceux qui veulent s'initier en Phyſique.

Voulez-vous apprendre ce que l'on fait aujourd'hui en Phyſique, vous mettre au fait des principes de cette Science, & en état de raiſonner ſenſément ſur les effets naturels? fréquentez les Ecoles; informez-vous de ce qui ſe paſſe dans les Compagnies de Savants qui étudient la Nature; ſoyez attentif aux découvertes particulieres qui viendront de bonne part; liſez les bons Auteurs, voilà les moyens: vous pourrez les employer avec fruit, ſi vous êtes aſſidu, ſi vous avez l'eſprit libre

de préjugés & une juste défiance contre l'erreur & l'illusion.

Grace à la méthode introduite par Descartes, & à la réforme qu'elle a mise dans notre maniere de philosopher, on peut dire que dans presque toutes les Ecoles de Philosophie, il n'y a plus maintenant qu'à profiter pour la jeunesse qui les fréquente : ou ne l'assujettit plus à ce langage inintelligible, qui déshonoroit la raison ; on lui donne pour regle de ne se rendre qu'à l'évidence, & de ne croire que ce qu'elle comprend ; on ne lui offre pour expliquer les effets naturels que des causes palpables & vraiment physiques : ou si quelquefois on emploie des conjectures pour deviner ce que l'on ne voit pas, on ne les présente que comme des probabilités que l'autorité la plus grave & la plus respectable ne défend pas contre un doute légitime.

Il est certain que cette nouvelle façon de traiter & d'enseigner la Philosophie, est plus propre qu'aucune autre à éclairer l'esprit humain : maître absolu de ses pensées sur des matieres abandonnées à la dispute des hommes, il peut d'autant plus compter sur les connoissances qu'il acquiert en ce genre, que le choix de ses opinions a été plus libre : dès qu'il

n'y a plus ni honneur ni mérite à ſuivre avec une aveugle docilité des routes dont la plupart avoient été ouvertes par l'ignorance, & frayées par l'habitude, on doit beaucoup plus eſpérer des efforts de la raiſon ; les conceptions étant variées ſuivant les différents degrés de lumiere que chacun a reçus, & la nouveauté n'étant plus un reproche que la vérité ait à craindre. Auſſi l'expérience nous prouve-t-elle que depuis cent ans ou environ que cette heureuſe liberté regne dans les Ecoles, la Phyſique a fait beaucoup plus de progrès que dans les ſiecles précédents ; quoique de tout temps il y ait eu des hommes occupés, ou par goût, ou par état, à dévoiler & à contempler les merveilles de la Nature.

La nouvelle méthode ayant donc rendu les Ecoles profitables, on ne ſauroit mieux faire que de les fréquenter avant toutes choſes, pour y prendre les premieres notions, pour ſe former des principes, & pour y apprendre à traiter les matieres avec ordre.

Dans la Phyſique, comme dans toute autre ſcience, les commencements ſont épineux ; les premieres idées ont peine à s'établir ; la nouveauté des termes,

autant que celle des objets, fatigue l'eſprit par l'attention qu'elle demande : pour applanir ces difficultés, les leçons qui ſe donnent de vive voix, ont un avantage conſidérable ſur celles qu'on voudroit prendre dans les livres ; un Maître qui parle à ſes Eleves, & qui ſait ſe ſouvenir à propos des peines qu'il a eues en étudiant à leur âge, ou du ſoin qu'on a pris de les lui épargner, cherche, pour ſe faire entendre, les expreſſions les plus propres ; il les répete & les varie, juſqu'à ce qu'il ait lieu de croire qu'il a été entendu : le ton, le geſte, un coup de crayon, & plus encore que tout cela, la liberté avec laquelle il permet, il recommande qu'on le queſtionne, ſont autant de moyens qui ſecondent ſon zele, & avec leſquels il parvient à faire prendre des idées claires & diſtinctes de ce qu'il enſeigne.

Quelle facilité ne trouverez-vous pas encore à vous initier, ſi l'Ecole où vous ſerez admis a l'avantage de poſſéder une collection ſuffiſante d'inſtruments, avec leſquels on vous mette ſous les yeux preſque toutes les vérités qu'on ſe propoſe de vous faire entrer dans l'eſprit ? Les idées peuvent-elles manquer de

naître & de ſe perfectionner à la vue de ces images ſenſibles ? Soyez ſûrs que ce que vous verrez ainſi, avec intérêt, avec attention, fera plus d'impreſſion ſur vous que tous les diſcours qui auront précédé ; & que ce dernier moyen ne manquera pas de diſſiper vos doutes & d'affermir vos connoiſſances :

Segniùs irritant animos, demissa per aurem,
Quàm quæ sunt oculis subjecta fidelibus . . . .
Horat. de Arte Poet. 180.

Mais en vain notre maniere d'enſeigner ſeroit-elle devenue meilleure ; en vain ſerions-nous parvenus à rendre nos Leçons plus inſtructives & plus faciles, ſi ceux qui les y prennent n'y aſſiſtoient avec aſſiduité, & à deſſein de ſe rendre Phyſiciens, ou du moins de ſe diſpoſer à le devenir ; ſi ſe permettant des abſences, ils perdoient le fil des queſtions que nous avons à traiter ; ou ſi ne ſe rendant ici que par la vaine curioſité de voir des Expériences, ils refuſoient leur attention aux connoiſſances que nous avons en vue de leur faire acquérir. Ces connoiſſances doivent être liées entr'elles comme les parties d'un édifice ; les premieres ſervent de fondement pour en établir d'autres ſur leſquelles on continue de bâtir : ſi

par les vuides qu'on aura laiſſés, les appuis manquent, l'aſſemblage imparfait n'aura aucune ſolidité. Ce n'eſt donc que par une application ſuivie, qu'on peut ſe flatter de mettre à profit ce que nous enſeignons dans nos Ecoles; ce n'eſt auſſi qu'à cette condition, que nous nous engageons à donner dans l'eſpace d'un an, les principes d'une ſcience qui embraſſe tant d'objets, & dans laquelle il y a tant à apprendre.

Je dis les principes; car c'eſt-là ſeulement ce que les Commençants doivent chercher dans les Ecoles, c'eſt-à-dire, ces vérités fondamentales qui ſont comme la ſource des autres, & qui doivent les précéder, ſoit pour les faire deſirer, ſoit pour les rendre intelligibles. Les connoiſſances de détail ne doivent venir qu'après; quiconque s'en occuperoit avant que de s'être ſuffiſamment inſtruit des principes généraux, travailleroit infructueuſement; comme un homme qui voulant arracher un arbre, le ſaiſiroit par les feuilles, plutôt que de porter ſes efforts ſur les racines & ſur le tronc.

C'eſt encore dans les Ecoles qu'on apprend à traiter les queſtions dans un ordre convenable, & à rappeller les matieres

res à certains chefs, afin que ce que l'on a étudié dans un temps, puisse faciliter les autres études qu'on fait après, et qu'appercevant, avec un peu de réflexion, les rapports que les objets ont entr'eux, on soit plus en état de juger d'où l'on doit partir pour les attaquer. Sans cela, quelle confusion dans les idées, et que de peines inutiles ne se donneroit-on pas! Jugeons-en par un exemple : comment pourroit-on comprendre le méchanisme de l'ouie, ou celui de la vision, si l'on n'avoit pas appris auparavant les propriétés de l'air, & celles de cette matiere dont l'action nous éclaire? De quelle maniere s'y prendroit-on pour étudier ces effets, si l'on ignoroit que les sons & l'illumination des objets dérivent des mouvements de ces deux fluides? C'est donc par ces connoissances primitives, que nous savons rapporter les effets dont il s'agit à leurs vraies causes; c'est sur elles que nous nous appuyons pour les expliquer.

Après la fréquentation des Ecoles, rien ne convient mieux, rien n'est plus propre à perfectionner les connoissances, que de s'instruire des découvertes qui se sont faites & qui se font tous les jours dans ces Compagnies que l'amour des

ſciences a formées, pour travailler en commun ; que la faveur & la libéralité des Princes ont miſes en état de faire ce que des particuliers iſolés ne pourroient pas même entreprendre. Heureuſement nous vivons dans un ſiecle & dans un royaume où ces ſecours ne manquent point à quiconque en veut profiter ; il n'y a presque pas de grande ville en France où il n'y ait maintenant une Académie ; ſi la Phyſique n'en eſt pas toujours l'objet principal, le goût de cette science eſt tellement répandu, qu'elle y entre comme acceſſoire : & parce que ces Aréopages ne comprennent pas tous ceux qui ſeroient dignes d'y être admis, on peut compter encore ſur le travail d'un grand nombre de Savants diſperſés, qui ſe font connoître tous les jours par des productions très-inſtructives. Les connoiſſances qu'on tire de pareilles ſources, ont l'avantage d'être plus détaillées & plus approfondies que les autres, parce que ceux qui nous les offrent, ont donné toute leur application à des ſujets particuliers qu'ils ont choiſis par goût, ou à la faveur de quelques circonſtances, qui les mettoient à portée de travailler avec plus de ſuccès.

Ce que vous aurez appris de nos contem-

porains, vous ferez très-bien de le comparer avec ce que nous tenons des Savants qui ont vécu avant nous. La lecture bien réfléchie de leurs ouvrages, vous apprendra les routes qu'ils ont frayées les premiers, & dans lesquelles nous sommes entrés après eux ; les découvertes qu'ils ont, pour ainsi dire, ébauchées, & qui se sont perfectionnées depuis ; les écarts dans lesquels ils avoient donné, & dont on est revenu dans la suite. En suivant ainsi la marche de l'esprit humain, on s'instruit plus profondément & avec plus d'exactitude ; on voit d'où naissent les illusions, & ce qui peut les dissiper ; on apprend à douter à propos, & à suspendre son jugement, jusqu'à ce que le temps & l'évidence nous autorisent à croire.

La connoissance des langues est un moyen également commode & utile, pour s'instruire de tout ce qui se fait en Physique, parce qu'il y a quantité de bons ouvrages, dont les Auteurs ont employé l'idiôme du pays dans lequel ils ont écrit : lorsqu'on ne l'entend pas, on ne peut s'en dédommager que par des traductions qui ne se font pas toujours, ou qui, si elles se font, ne sup-

pléent preſque jamais parfaitement aux originaux. Mais une langue qu'il eſt indiſpenſable d'apprendre, c'eſt celle de l'Algebre & de la Géométrie; ces deux Sciences ſe ſont heureuſement introduites dans la Phyſique : par-tout où elles peuvent s'appliquer, elles y portent l'exactitude & la préciſion qui leur ſont propres : elles répandent la lumiere dans l'eſprit, elles le font raiſonner juſte; avec leur ſecours, il chemine plus vîte, plus sûrement, & peut aller plus loin : il faut de néceſſité ſe mettre en état de ſuivre les Auteurs qui marchent à la lueur de ces flambeaux.

Mais dans quelque ſource que l'on cherche à puiſer des connoiſſances, ſoit en étudiant les Auteurs, ſoit en recueillant ce que les Savants nous offrent chaque jour de nouveau, rien n'eſt plus néceſſaire que de renoncer à tout préjugé; car un eſprit livré à la prévention, ne manque gueres de ſuivre dans ſes déciſions le penchant ſecret qui l'entraîne, & le vrai ne ſe trouve pas toujours du côté vers lequel il ſe laiſſe aller; ſemblable à l'œil malade dont les humeurs ſe ſont teintes, il voit rarement les objets ſous leurs vraies couleurs. Combien de

gens ne reconnoiſſent pas la vérité où elle eſt ; combien d'autres croyent la voir où elle n'eſt pas, parce qu'ils ſe ſont déclarés pour ou contre une Nation, parce qu'ils entendent mal le reſpect & la fidélité qu'on doit à la Religion, parce qu'ils ont épouſé des haines ou des affections particulieres, parce qu'ils cédent aux impreſſions invétérées d'une mauvaiſe éducation.

On ne peut donc apprendre de trop bonne-heure que tous ceux qui cultivent les Sciences, dans quelque partie du monde qu'ils vivent, ne forment qu'une ſeule & même république ; qu'il leur convient de ſe traiter avec tous les égards que des Concitoyens ſe doivent ; que, travaillant à s'éclairer réciproquement, ils ne peuvent ſe permettre qu'une honnête émulation, qui leur faſſe deſirer de ſe ſurpaſſer les uns les autres, ſans ſonger à s'effacer ni à ſe confondre. Il faut conſidérer de plus, que la vérité, de quelque part qu'elle vienne, eſt un bien que nous devons chérir, comme le diamant qui eſt précieux par lui-même, & que nous eſtimons, ſans avoir égard à celui qui l'a tiré de la terre : & s'il arrive qu'une vérité évidente nous ſemble ne pas s'ac-

corder avec une autre vérité qu'il nous eſt ordonné de croire, ſouvenons-nous qu'elles viennent toutes deux de la même ſource; que l'Etre ſuprême qui a révélé les articles de notre foi, eſt auſſi le Dieu, le Légiſlateur de toute la nature, & incapable de ſe contredire en rien. En pareille conjoncture, que la raiſon religieuſement ſoumiſe à la révélation, ne ſe refuſe cependant pas au trait de lumiere naturelle qui l'éclaire; qu'elle ne prenne pas le parti de regarder comme faux, ce que l'évidence lui montre être vrai; mais qu'elle rejette ſur la foibleſſe de l'entendement humain & ſur ſa propre ignorance, la contradiction apparente qui l'embarraſſe; qu'elle attende, ſans impatience, que de nouveaux efforts & une nouvelle lumiere lui découvrent ce qui eſt encore caché, & lui apprennent à concilier ce qu'elle voit avec ce qu'elle eſt obligée de croire.

N'eſt-ce pas s'impoſer une gêne bien peu raiſonnable & en même temps bien nuiſible au progrès des connoiſſances humaines, que de vouloir tout rapporter aux penſées d'un Philoſophe dont on a épouſé les principes, aſſez ſouvent ſans les connoître, & preſque toujours

avant que d'être en état d'en juger? Hé ! pourquoi vouloir être d'un ton décidé en toute occaſion, Cartéſien, Newtonien, Leibnitien, &c.? Quelqu'un de ces grands hommes, dont l'autorité a tant de poids, a-t-il eu l'infaillibilité en partage? Ne peut-on pas reſpecter leur mémoire, admirer leur génie, profiter de leurs découvertes, ſans s'attacher particulierement à un ſeul, ſans s'interdire la liberté d'examiner leurs opinions, de s'en écarter même, lorſque de nouvelles lumieres viennent nous éclairer ſur ce qu'elles ont de defectueux? Pourquoi prendre indiſtinctement tout ce qui eſt renfermé dans un même tréſor, quand il nous eſt permis d'en ouvrir pluſieurs, pour nous enrichir avec choix? Ces préferences, dans leſquelles on s'engage, produiſent encore un mauvais effet, dont nous n'avons que trop d'exemples; chacun voudroit que le parti qu'il a embraſſé, fût ſuivi du plus grand nombre; on parle, on agit en conſéquence; il naît delà des altercations, des plaintes, des injures, des inimitiés; & c'eſt, ſelon moi porter juſqu'à la folie l'amour d'un Sage qu'on veut élever au-deſſus des autres.

Je ne parlerai point des préjugés qui viennent d'une éducation mal conduite; l'énumération en feroit trop longue, & presque inutile : je dirai seulement que l'esprit humain, en se livrant à l'étude de la Philosophie, doit commencer à user du droit qu'il a de penser librement sur les effets de la nature; que le premier acte de cette liberté doit être de s'élever au-dessus de toutes ces opinions vulgaires qu'il a reçues dans un temps où l'autorité & l'exemple lui tenoient lieu de raison; & que prenant pour regle de ne rien admettre que de certain ou de très-probable, il doit se dépouiller généralement de ces premieres impressions, qui portent presque toutes un caractere de fausseté.

C'est déjà beaucoup pour un Commençant d'avoir écarté les vieilles erreurs dont il était préoccupé; mais ce n'est point assez : à cette premiere précaution, il faut qu'il ajoute une juste défiance qui le tienne en garde contre les nouvelles illusions qui pourroient le séduire; & combien n'en a-t-il pas à craindre, tant de sa part, que de celle des autres? L'amour du merveilleux est un poison séduisant, dont les meilleurs

eſprits ont peine à ſe garantir ; il fait peut-être autant de mauvais Phyſiciens, que l'étude & les plus heureuſes diſpoſitions en forment de bons : & ce qu'il y a de plus fâcheux, c'eſt que ſi l'on aime à produire des découvertes d'éclat, ceux qui les apprennent, les reçoivent auſſi avec beaucoup d'avidité ; de ſorte que, ſi quelqu'un à la foibleſſe de mentir ou d'exagérer, en annonçant des nouveautés ſingulieres, il eſt preſque ſûr qu'on n'aura pas le courage d'en douter. Il eſt donc d'un homme ſage d'examiner de ſang-froid ce que lui préſente d'extraordinaire, d'attendre que les faits aient été vérifiés dans toutes leurs circonſtances, de peſer les raiſons ſur leſquelles on appuie ſes jugements, & de n'y adhérer qu'après une mûre réflexion et une pleine connoiſſance.

Défions-nous ſur-tout des Auteurs qui ont des ſyſtêmes à ſoutenir ; défions-nous de nous-mêmes, ſi nous les avons adoptés. Nos pas ſe tournent naturellement vers l'endroit où nous ſerions bien-aiſes d'arriver ; ſi nous n'y prenons garde de fort près, nous courons riſque d'interpréter en faveur d'une opinion favorite, des effets, des obſervations, des ſenti-

ments, qui, mieux examinés, la détruiroient peut-être, plutôt que de l'appuyer : nous nous dissimulerons des difficultés, qui nous feroient revenir de nos erreurs, si nous y étions moins attachés ; nous abandonnerons légérement des vérités bien fondées, parce qu'elles nous paroîtront incompatibles avec une doctrine que nous aurons goûtée.

Ayons donc de la défiance autant qu'il en faut pour ne point donner dans l'illusion ; mais d'un autre côté, n'oublions pas que, si nous en avons trop, nos soupçons feront injure à ceux qui travaillent à nous instruire, & que notre obstination à douter, nous remplira l'esprit d'incertitude. Oui, c'est un abus & une ingratitude, que de se montrer toujours incrédule, & de se persuader que toutes les découvertes que les Physiciens nous vantent, ne produisent aucune connoissance nouvelle de la nature, aucune explication de ses effets. Ce langage est celui d'une ignorance ou d'une paresse orgueilleuse, qui méprise ce qu'elle ne connoît pas, & qui trouve plus commode de le nier, que de prendre la peine de s'en instruire. On entend rarement parler ainsi des gens raisonnables & ini-

tiés dans les Sciences ; il eſt plus ordinaire d'en trouver qui, reconnoiſſant les avantages de la Physique en général, affectent de révoquer en doute tout ce qui ne vient pas d'eux ou de leurs amis. Ce pyrrhoniſme marque de l'humeur, ou quelque intérêt particulier ; mais quelle qu'en ſoit la cauſe, on ne peut s'appliquer ni trop tôt, ni avec trop de ſoin, à s'en défaire ; car tant qu'il ſubſiſtera, il rendra ſuſpectes les vérités les mieux prouvées ; l'eſprit frappé de cette maladie flottera ſans ceſſe entre le oui & le non, & ne ſera jamais fixé par aucune connoiſſance certaine ; il travaillera beaucoup, ſans jamais rien ſavoir de ce qu'il aura appris, il ne ſera tout au plus que s'en douter.

Il coûtera ſans doute & du temps & des peines pour entrer dans ces diſpoſitions, ſi on ne les a pas naturellement, & pour employer avec fruit les moyens dont j'ai parlé : mais eſt-il une ſcience qui n'en exige de la part de ceux qui s'y appliquent ? & de toutes celles que l'eſprit humain cultive, n'auroit-on pas raiſon de dire que la Phyſique experimentale eſt la plus propre à le dédommager de ſes fatigues & de tout ce qu'il

auroit pu lui ſacrifier ? En ſe mettant en état d'étudier la nature, & de la ſuivre dans ſes opérations, que de reſſources agréables & utiles ne peut-on pas ſe flatter de trouver dans des temps & dans des lieux où l'on ſeroit privé des douceurs de la ſociété ! Le Phyſicien trouve par-tout l'objet de ſes recherches & de ſes amusements ; la campagne & la ville, les éléments, les ſaiſons, ce qui reſpire, ce qui végete, ce qui naît, ce qui périt, &c. tout lui offre de quoi méditer, de quoi s'inſtruire, de quoi profiter. Compterons-nous pour rien l'avantage qu'il a ſur les autres hommes, de ne point ſe livrer comme eux à de frivoles eſpérances, à de vaines terreurs, à de ſuperſtitieuſes pratiques, & d'admirer tranquillement des phénomènes, ou des êtres que le vulgaire ne voit qu'avec émotion, & toujours en raiſonnant d'une maniere fort étrange ? S'il eſt bon citoyen, ne ſera-ce pas pour lui une grande ſatisfaction, de pouvoir tourner au profit de la Société des découvertes dont il aura pris connoiſſance, ou les remarques qu'il aura faites lui-même ? Tels ſeront les avantages d'un homme qui ſera devenu Phyſicien, en profitant

ſeulement des inſtructions d'autrui : nous en promettons de plus grands à celui qui le deviendra par ſon propre travail ; mais il aura plus à faire pour les mériter.

L'obſervation & l'expérience ſont les moyens les plus ſûrs, je dirois preſque les ſeuls que puiſſe employer un Savant qui s'applique à étendre les progrès de la Phyſique. Par la premiere, on épie, pour ainſi dire, la Nature, à deſſein de lui ſurprendre ſon ſecret ; par la ſeconde, on lui fait violence, pour la forcer à le dire ; mais, ſoit que l'on faſſe l'un ou l'autre, il y a maniere de s'y prendre ; & c'eſt un art aſſez difficile à exercer, pour lequel il faut des diſpoſitions naturelles, des qualités & des attentions particulieres, des ſecours qu'on n'eſt pas toujours en état de ſe procurer.

Un Obſervateur, dans quelque partie que ce ſoit de la Phyſique, doit avoir une patience à toute épreuve, une attention à laquelle il n'échappe aucune circonſtance, une prompte & vive pénétration, une imagination ſage & modérée, beaucoup de réſerve & de circonſpection dans ſes jugemens.

Quel courage ne faut-il pas pour ſurmonter les ennuis, les difficultés, les

dégoûts de tant d'entreprises qui trompent nos espérances par un mauvais succès, ou qui les flattent long-temps sans jamais répondre à nos desirs! Le Physicien Botaniste obtient, avec peine, & après une longue attente, des plantes exotiques qu'il est curieux de voir & d'examiner dans tous leurs états; elles ont résisté aux fatigues du transport; à force de soins & d'attentions, on a empêché que la différence du climat ne leur fût nuisible; elles alloient fleurir enfin, lorsqu'un insecte en vient ronger les racines, & les fait périr sans ressource. Un Astronome zélé se fait un plaisir singulier de voir une éclipse qu'il attend depuis dix ans: le jour tant desiré approche, il fait deux ou trois cents lieues pour aller observer ce phénomene dans l'endroit où il doit être visible, il prépare ses instruments; mais quelle fatalité! au moment même où les deux astres vont se joindre, le ciel se couvre, & les nuages qui l'ont obscurci, ne se dissipent que quand il n'y a plus rien à voir (1).

(1) Tel fut le sort de M. Delisle, lorsqu'il alla de Petersbourg à Bérezou, ville de la Sibérie, près l'embouchure de l'Oby, pour voir le passage de Mercure sur le soleil, le 2 mai 1740.

A combien de pareilles diſgraces les Anatomiſtes & les Chymiſtes ne ſont-ils point expoſés, les uns, par l'extrême délicateſſe des préparations, ou par les progrès trop rapides de la putréfaction; les autres, par l'infidélité des drogues, par la fragilité des vaiſſeaux, & par la plus légere inattention! Si de tels accidents peuvent dégoûter, nous en avertiſſons dès-à-préſent ceux qui ne ſe ſentiroient pas le courage de les ſupporter, ils y ſeront ſouvent expoſés: encore n'eſt-ce point-là ce qu'ils auront de plus dur à ſouffrir; la jalouſie de leurs rivaux exercera bien autrement leur patience.

Si quelqu'un eſt aſſez heureux pour faire une découverte, l'honneur qui s'y trouve attaché eſt une récompenſe qui lui eſt légitimement due, & rarement doit-il en eſpérer d'autres; mais qu'il ne s'attende pas à l'obtenir de ſon vivant, ou s'il l'obtient, en jouira-t-il en paix? Ceux qui auront fait la même recherche que lui, & qui ne ſeront pas arrivés au même but, s'efforceront de

M. le Monnier eut autant de courage, mais plus de bonheur, en allant obſerver en Ecoſſe l'éclipſe annulaire du ſoleil, qui arriva le 25 Juillet 1748.

dire & de faire croire qu'il n'a pas rencontré juſte ; & parmi ceux-là même qui ne cherchent rien, & qui ne ſont pas en état de juger de la queſtion, il s'en trouvera qui prendront parti contre lui, & qui lui diſputeront le ſuccès de ſon travail. Que fera l'homme ſage ? il ſe ſouviendra qu'un Phyſicien doit être philoſophe : ſans mépriſer ſes Critiques, ſans ſe chagriner de leurs déclamations, il examinera de ſang-froid tout ce qu'on lui oppoſe ; il y répondra ſans aigreur ; & s'il a lieu de croire que la raiſon ſoit de ſon côté, il attendra tranquillement que la vérité qu'il a trouvée, diſſipe par ſon éclat les mauvaiſes difficultés par leſquelles on a tâché de l'obſcurcir : comme c'eſt pour elle, plutôt que pour lui-même, qu'il a travaillé, il ne s'affligera, que médiocrement, s'il prévoit qu'il ne ſera jamais témoin de ce triomphe.

Sans une attention ſcrupuleuſe, l'Obſervateur le plus aſſidu, le plus dévoué à la Phyſique, ne voit qu'imparfaitement ſon objet ; tout ce qu'il en pourra dire, n'inſtruira pas ſuffiſamment, induira même en erreur ceux qui en jugeront d'après lui : le temps, le lieu, l'état actuel de l'atmoſphere, la quantité,

la durée, la forme, la couleur, l'odeur & les autres qualités ſenſibles, ſont autant de circonſtances auxquelles il faut avoir égard, & dont on doit tenir compte, à moins que l'on n'en voie évidemment l'inutilité. Combien de connoiſſances nous ont échappé ! combien d'autres ont été retardées, parce qu'on s'eſt contenté de voir les choſes en gros, & qu'on a négligé d'en examiner les particularités, ou d'en faire mention ! Aurions-nous été ſi long-temps, par exemple, ſans ſavoir que ces lumieres aëriennes appellées *Castor & Pollux* par les Anciens, *Feux-Saint-Elme* par les Modernes, étoient des phénomenes d'Electricité, ſi la plupart de ceux qui en ont parlé, nous les euſſent repréſentées comme *des aigrettes lumineuses,* qui paroiſſent en temps d'orage à l'extrémité d'une vergue ou d'un mât de vaiſſeau, *et qui y font entendre un bruit semblable à celui de la poudre qu'on allume après qu'elle a été mouillée ?* Un entre mille (1) fait cette remarque, & lui ſeul nous met en état de juger ſainement de la nature de ces feux. Voilà comme de nouvelles

(1) Mém., du C. de Forbin. ann. 1696. Edition d'Amsterdam, 1740.

attentions produisent de nouvelles connoissances : celui qui observe ne doit quitter son objet, que quand il en a considéré toutes les faces, tout ce qu'il renferme, tout ce qui l'environne.

Avec une grande attention, il faut encore dans l'esprit une certaine activité qui le fasse aller, pour ainsi dire, au-devant de la Nature, lorsqu'elle ne fait que la moitié du chemin vers lui ; l'Observateur le plus attentif, qui ne sait point la pénétrer en entrant dans ses vues, sera dans bien des occasions comme un œil mort, qui est ouvert sur quantité d'objets, sans en voir aucun. Jugeons-en par un exemple. Le Fontainier qui apprit à Galilée que les Pompes aspirantes n'élevoient jamais l'eau au-dessus d'un certain terme, avoit vu ce phénomene toute sa vie sans en être touché, sans en tirer d'autre conséquence, que celle d'assujettir son art à un fait que l'usage lui avoit montré. Il n'en fut pas de même du Philosophe ; l'action limitée par la Nature même, lui fit soupçonner une cause méchanique à laquelle personne n'avoit encore pensé ; & Toricelli son Disciple eut l'honneur de la mettre en évidence. Ce fut par cet heu-

reux événement que l'*horreur du vuide* disparut pour toujours de la Physique, & qu'un grand nombre d'effets qu'on faisoit venir de ce principe chimérique, ont été attribués depuis avec raison à la pression de l'atmosphere.

C'est au hasard, dit-on, que nous devons une grande partie de nos découvertes; j'avoue que cela est vrai jusqu'à un certain point; mais quoique le hasard se montre indifféremment à tout le monde, ce qu'il y a de bien sûr, c'est qu'il ne produit rien, si l'on n'a pas l'attention de le saisir à propos, & l'adresse d'en profiter : la vertu qui dirige les pôles de l'aimant, celles qu'il a de communiquer ses propriétés au fer & à l'acier, s'étoient peut-être montrées mille fois avant qu'on les eût remarquées; & quand elle l'eussent été plutôt, quel profit en eussions-nous tiré, s'y les Physiciens qui firent ces observations, se reposant sur leurs premieres découvertes, n'eussent pensé qu'il en pouvoit naître un instrument propre à diriger la Navigation? Ces petits animaux que nous nommons des Insectes, et que le vulgaire méprise, parce qu'il ignore ce qu'ils ont d'admirable, ne se cachent pas plus

d'un ignorant que d'un ſavant; mais celui-ci les ſuit d'un œil curieux; partout où l'autre les écraſe avec une froide indifférence, l'illuſtre Auteur qui nous a déjà donné ſix Volumes de leur hiſtoire, ſans avoir épuiſé ce que l'on peut ſavoir de leur ſtructure, de leurs mœurs, de leur induſtrie, &c. prouve, on ne peut pas mieux, par ſon exemple, ce que peuvent valoir les heureuſes rencontres aux Obſervateurs attentifs & pénétrants; quiconque a parcouru ſon excellent Ouvrage, a dû remarquer dans bien des endroits, que quand le hazard lui a parlé, il n'a été inſtructif que parce qu'il parloit à qui ſavoit l'entendre.

Cette vive pénétration, que je regarde comme une qualité déſirable dans un Obſervateur, touche de fort près à un défaut dans lequel on doit bien prendre garde de tomber: en allant au-devant de ce que l'on ne voit point encore; il eſt dangereux de ſe livrer à ſon imagination, & de ſe laiſſer emporter au-delà des bornes d'un ſage ſoupçon, d'un ſoupçon fondé ſur une grande vraiſemblance. De grands hommes ont donné dans cet écueil: & ce n'eſt pas ſans regret que nous voyons dans leurs Ouvrages des opinions fort

douteuſes, ou viſiblement fauſſes, mêlées avec les vérités les plus ſolides & les plus intéreſſantes. Un ſavant qui eſt parvenu à ſe faire une réputation brillante, peut risquer bien des choſes, parce qu'on n'oſe le contredire de ſon vivant. Il abuſe quelquefois de cette eſpece d'impunité; mais qu'il ſe ſouvienne qu'elle n'aura qu'un temps, & que la poſtérité moins indulgente que ſes contemporains, ſe vengera ſur ſa mémoire des licences qu'il aura priſes: cet avis regarde principalement les Phyſiciens conſommés: mais il eſt bon de le faire goûter à ceux qui commencent.

S'il eſt avantageux de penſer promptement, d'avoir une vive imagination, parce qu'ordinairement elle accélere & multiplie les connoiſſances: il n'eſt pas moins néceſſaire d'être circonſpect dans ſes déciſions; de ne ſe fixer à rien, que l'on n'ait examiné auparavant le pour & le contre, & que l'on n'ait pris tout le temps qu'il faut pour peſer les raiſons ſur leſquelles on veut fonder ſes jugements: imitant en cela la prudence d'un homme à qui une excellente vue fait appercevoir dans un grand éloignement, des objets qu'il ne diſtingue pas bien encore,

& qui, pour en parler avec ſûreté, attend qu'il les ait vus plus long-temps & de plus près : la grande portée de ſa vue fait qu'il découvre ce qui eſt abſolument inviſible pour d'autres yeux : mais cette qualité, bien loin d'être un avantage pour lui, ne ſeroit qu'une occaſion d'erreur, s'il jugeoit avec précipitation de tout ce qu'il commence à appercevoir.

Les jugements précipités ne tireroient point tant à conſéquence, ſi ceux qui les portent avoient le courage de les réformer quand ils s'apperçoivent qu'ils ſe ſont trompés, ou de convenir au moins de leurs mépriſes, quand on les leur fait remarquer. Mais l'amour-propre rend opiniâtre : ſouvent pour ſoutenir ſes erreurs, on emploie un temps & un travail dont on pourroit faire un meilleur uſage : les mauvaiſes raiſons qu'on s'efforce de faire valoir, ſéduiſent toujours quelqu'un. L'honneur des ſciences & la vérité ne peuvent que ſouffrir de cette malheureuſe obſtination.

Toutes les qualités dont j'ai parlé, & qui ſont, ſelon mon avis, le bon Obſervateur, me paroiſſent également néceſſaires au Phyſicien qui s'applique aux Expériences : car il n'entreprend rien qu'il

n'ait des vues : toutes ſes tentatives demandent à être conduites avec intelligence : les inſtructions qu'il cherche dépendent des réſultats de ſes opérations, & des conſéquences qu'il en ſaura tirer : dans quel Art faut-il plus de patience, plus d'attention, plus de diſcernement, plus d'imagination, plus de prudence ?

Je dis qu'on a des vues, & qu'on doit en avoir quand on entreprend de nouvelles Expériences ; mais ces vues ne doivent nous permettre que de ſimples ſoupçons, ou tout au plus des ſuppoſitions, pour leſquelles il ne faut prendre aucun attachement, aucune prédilection, afin qu'on ſoit toujours prêt à les abandonner, ſi les faits ne concourent point à les vérifier, ou du moins à les rendre très-plauſibles. Cependant aujourd'hui que la Phyſique Syſtématique eſt tombée dans un grand diſcrédit, parce qu'on a reconnu qu'il y avoit beaucoup d'abus, je crois qu'on blâme auſſi d'une maniere trop générale & trop ſévere, ce qui s'appelle hypotheſe : j'oſe dire qu'on peut & que l'on doit s'en permettre, ſi l'on ſe contente de concevoir des poſſibilités pour les ſoumettre à l'expérience, & apprendre par cette voie

ce qu'elles peuvent avoir de réel. Si l'on me contefte cette regle de conduite, je puis l'autorifer fur l'exemple des plus grands Maîtres : je demande avec l'illuftre Auteur du *Traité sur la Glace*, (a) fi Newton n'avoit point une hypothefe dans la tête, lorfqu'il mettoit les rayons folaires à toutes fortes d'épreuves ; & s'il n'avoit pas conçu que les couleurs pouvoient être des propriétés de la lumiere, lorfque, le prisme à la main, il cherchoit à s'en assurer ?

Je porte plus loin encore mon indulgence pour les conjectures : comme on ne peut pas toujours fuivre par des épreuves, ce que l'on a imaginé qui pourroit être, parce que l'on manque de temps, d'occafions, ou de commodités, je ne voudrois pas qu'on enfevelît dans le filence & dans l'oubli, des penfées ingénieufes qu'on auroit rencontrées : en ne les donnant que pour ce qu'elles font ; en les laiffant dans la claffe des vraifemblances, on ne fait aucun tort aux vérités bien conftatées, & l'on infpire fouvent à d'autres, qui en ont & le loifir & le pou-

(1) Voyez dans un excellent Discours, qui sert de Préface à cet Ouvrage réimprimé en 1749, ce que l'on doit penser des Systêmes.

voir

voir, la volonté de les examiner & d'en faire connoître la juste valeur. Si M. Franklin se fût contenté de penser qu'on pourroit peut-être tirer du feu électrique d'un nuage orageux, par le moyen d'une verge de fer dressée en l'air, & qu'il n'en eût rien dit, comme il n'en a rien fait, selon toute apparence, nous en serions encore réduits au simple soupçon que nous avions formé avant lui, sur l'identité de la matiere électrique avec celle du tonnerre, au lieu que nous en sommes sûrs maintenant; parce qu'en entrant dans la pensée de cet ingénieux Physicien, on a pris la peine d'exécuter ce qu'il n'avoit fait que proposer.

Mais après ces ménagements pour les hypotheses raisonnables, je passe condamnation pour toutes celles qu'une imagination trop hardie prend plaisir à fabriquer & à multiplier, de sa pleine autorité, pour en former un corps de doctrine, avant que de savoir comment elles cadreront avec les faits que pourront fournir l'Observation & l'Expérience. Pour l'ordinaire, ceux qui nous offrent de pareils systêmes, s'expriment d'une maniere impérieuse, qui nous laisse à peine la liberté de douter, comme si la force

des mots pouvoit procurer aux penſées la juſteſſe & la ſolidité qu'elles n'ont pas : le ton & les expreſſions peuvent en impoſer au vulgaire ; mais aux yeux des connoiſſeurs on n'en eſt que plus ridicule. Que ces exemples, quand il s'en trouvera, nous ſervent de leçons ; qu'ils nous apprennent à ne rien imaginer, ni gratuitement, ni trop légérement ; & s'il nous arrive de mêler des probabilités avec des certitudes, ne parlons pas des unes & des autres avec une égale confiance.

Les mêmes intentions qu'on avoit en commençant les Expériences, doivent ſubſiſter pendant tout le temps qu'elles durent ; autrement, il eſt impoſſible de bien conduire ſon travail. Ayez donc conſtamment votre objet en vue ; écartez de vos manipulations tout ce qui peut les rendre inutilement plus difficiles, plus embarraſſantes, plus diſpendieuſes, ou vous donner des réſultats équivoques. Sur-tout ne vous rebutez pas de la longueur, de la délicateſſe des opérations, de l'aſſiduité qu'elles exigent, des accidents & des doutes qui vous obligeront à les recommencer.

Il arrive ſouvent qu'une Expérience ;

entrepriſe dans certaines vues, donne occaſion à des remarques d'un autre genre; ſi nous nous arrêtions à tout ce qui ſe rencontre ainſi, jamais nous n'arriverions à aucune des connoiſſances que nous nous propoſons d'acquérir, parce que dans ces recherches incidentes, comme dans les premieres, il ſe trouveroit encore des cauſes de diverſion : nous changerions perpétuellement d'objets, ſans jamais en ſuivre aucun. Il eſt bon de remarquer en paſſant ce qui mérite attention, pour revenir une autre fois; mais on doit de préférence aller à ſon premier but.

Toutes les fois qu'une expérience peut s'exécuter ſimplement, & à peu de frais, c'eſt de cette maniere qu'il la faut faire. Un appareil pompeux peut être admis pour repréſenter avec éclat des effets déjà connus ; j'approuve beaucoup l'élégance des inſtruments dont on meuble aujourd'hui nos Ecoles & les Cabinets des Amateurs : quoique les faits qu'on y démontre, ne doivent rien de leur certitude, ni de leur utilité, à la décoration qu'on y met ; cependant, lorſqu'on les préſente avec plus de grace, on peut eſpérer qu'ils intéreſſeront davantage. Mais je

parle ici des Expériences que l'on tente dans ſon particulier, & dont on ignore encore quel ſera le ſuccès; plus on y fera entrer de préparations & de moyens, plus on aura à craindre de prendre le change ſur la vraie cauſe des effets. En multipliant les circonſtances, on s'engage à partager entre un grand nombre d'objets ſon attention, qui en devient d'autant plus foible pour chacun d'eux. Si l'on emploie une grande quantité de matieres, lorſqu'une moindre ſuffit; ſi l'on fait les frais de vaiſſeaux précieux, de machines bien fines, avant que d'avoir fait des eſſais qui en garantiſſent l'utilité, on ſe jette dans des dépenſes ſuperflues, & ſouvent on ſe met par-là hors d'état d'en faire d'autres qui ſeroient néceſſaires, ou bien on en perd tout-à-fait le goût.

S'il faut beaucoup de patience pour obſerver, en faut-il moins pour faire des Expériences, lorſqu'elles demandent à être exécutées avec lenteur, & que leur réuſſite dépend d'une certaine doſe, d'une meſure bien exacte, d'un degré de feu toujours égal, ou de quelqu'autre préciſion incommode ou difficile à ſaiſir? La préparation du Phoſphore d'urine ſe

trouvoit décrite depuis long-temps dans presque tous les Livres de Physique ; malgré cela, cette opération, il y a vingt ans, étoit encore un ſecret réſervé à deux ou trois Artiſtes, quoique nos plus habiles Maîtres euſſent entrepris bien des fois de les imiter : c'eſt que ce travail eſt très-long, & qu'il exige les attentions les plus fines de l'Art, & celles qu'on nomme des *tours de main*, parce qu'elles viennent moins de la réflexion que du hazard, de la dextérité, ou de l'habitude (1). Depuis Borrichius, l'inflammation des huiles essentielles par l'esprit de nitre paſſoit pour une Expérience aussi difficile que curieuſe ; il paroît même que ceux qui réuſſiſſoient à la faire, ne ſe renfermoient pas rigoureuſement dans les termes du Problême, puiſqu'ils mêloient l'acide vitriolique avec l'acide nitreux : à force de réflexions & d'eſſais, un de nos meilleurs Chymiſtes (2) nous a appris depuis quatre ans, que, pour opérer à

(1) Voyez un Mémoire de M. Hellot, dans le Vol. de l'Académie Royale des Sciences, pour l'année 1737.

(2) Consultez un Mémoire de M. Rouelle, dans le Vol. de l'Académie Royale des Sciences, pour l'année 1747.

coup ſûr, il ſuffit de verſer l'eſprit de nitre à pluſieurs repriſes. Il faut avouer que le ſuccès de cette Expérience tient à bien peu de choſes, & que ceux qui l'ont manquée, pour avoir verſé tout d'une fois, ont essuyé une diſgrace un peu forte pour une faute ſi légere. Le dégoût eſt encore plus grand & moins mérité, lorſqu'ayant ſurmonté toutes les difficultés qui se rencontrent dans le cours d'une opération, le Phyſicien la voit manquer par un accident imprévu qui la rend nulle, & qui oblige à la recommencer.

Mais je ſuppoſe qu'avec beaucoup de patience, d'attention et d'adreſſe nous ayons le bonheur d'arriver au but que nous nous étions propoſé, nous en tiendrons-nous à une ſeule épreuve ? Quelque certain que nous paroiſſe un premier réſultat, il ne doit pas nous ſuffire pour former une déciſion de quelque importance : lorſqu'on veut bien être inſtruit d'une affaire, ſe contente-t-on d'entendre un ſeul témoin, s'il y en a pluſieurs qui puiſſent dépoſer du même fait ? Nous répéterons donc pluſieurs fois la même Expérience, pour voir ſi l'effet qu'elle a montré d'abord ſe ſoutient conſtamment ; & nous varierons nos procédés,

pour ſavoir ſi ce que nous croyons avoir appris, réſulte unanimement des uns & des autres : imitant en cela l'inſtinct de la Nature, qui fait agir pluſieurs de nos ſens enſemble, pour nous faire mieux juger des objets qu'il nous importe de connoître.

La vie & les facultés d'un homme ne ſuffiroient pas pour répéter généralement toutes les expériences qui viennent à ſa connoiſſance : on eſt ſouvent obligé de s'en repoſer ſur la foi d'autrui : mais, pour ne point donner ſa confiance au haſard et trop légérement, il faut la régler ſuivant le mérite des Auteurs, & le ſoin qu'ils ont pris de nous motiver ce qu'ils nous propoſent à croire. Il n'eſt pas prudent de ſe rendre au premier mot de ceux qui ne ſe ſont point encore fait connoître ; & quant aux maîtres de l'Art qui pourroient en impoſer par leur réputation, ce ſeroit en quelque façon en abuſer, s'ils ſe diſpenſoient de dire comment ils ſont arrivés à tel ou tel réſultat. Tout Phyſicien qui veut faire part de ſes découvertes, doit donc expoſer en détail de quelle maniere il a conduit ſes Expériences, dans quelles circonſtances il les a faites, & tous les effets qu'il a apperçus, avec

leur nombre, leur grandeur, leurs différences, &c. & n'en ſupprimer que ce qui eſt viſiblement inutile & capable de produire une faſtidieuſe prolixité.

Si ce n'eſt qu'à ce prix qu'on peut ſe faire croire en Phyſique, on doit ſentir combien il eſt important de ne ſouffrir dans ſon travail aucune négligence, aucune manipulation vicieuſe, qui puiſſe le rendre ſuſpect. Ne nous mettons jamais dans le cas de dire que nous n'avons pas vu par nous-mêmes les effets que nous annonçons : ſi nous nous faiſons aider, ſoyons témoins de tout : qu'une réviſion bien exacte nous mette en droit de parler avec certitude de ce qu'on aura découvert en ſuivant nos vues & ſous notre direction ; ne nous fions pas à notre mémoire, encore moins à celle des autres : dans une ſuite d'opérations, il y a tant à obſerver, tant à retenir, que le parti le plus ſûr & le plus commode eſt d'en tenir compte par écrit.

Après avoir expoſé les principaux devoirs d'un Obſervateur & ceux d'un Phyſicien qui étudie la Nature par la voie des Expériences, je ne dois pas laiſſer ignorer qu'il faut à l'un & à l'autre, avec beaucoup de loiſir & de ſanté, une

main adroite, un coup-d'œil ſûr, une grande connoiſſance des machines, & des reſſources pour s'en procurer. La dépenſe qu'exige l'acquiſition des Inſtruments néceſſaires, & la difficulté de les faire conſtruire dans les lieux où l'on manque d'Ouvriers capables, eſt ſans doute un des plus grands obſtacles que l'on ait à ſurmonter dans la Phyſique expérimentale; mais leur choix, leur uſage, leur entretien cauſent un tourment perpétuel à quiconque ne les connoît pas auſſi bien, je devrois dire, mieux que l'Artiſte qui les a faits. Tous ces organes ont été imaginés par des Phyſiciens qui ont vécu en différents temps, & qui ont eu différentes vues; chacun d'eux y a fait les changements qu'il a jugé les plus convenables, ſuivant ſes lumieres. Il faut donc ſavoir peſer les raiſons qui ont déterminé ces Auteurs, pour ſe fixer à telle ou telle conſtruction; il faut juger qui eſt celui d'entr'eux qui a le mieux penſé.

Ce n'eſt point aſſez qu'une machine ſoit exacte quand on la reçoit; il faut qu'elle ſoit conſtruite de maniere à conſerver ſa juſteſſe dans l'uſage qu'on en fait. La meilleure balance devient fauſſe,

ſi le fleau trop foible ou trop chargé, vient à plier ſous les poids qu'on lui fait porter, parce qu'il eſt comme impoſſible que, quand il ſe courbe, les deux points de ſuſpenſion, en ſe rapprochant du centre de leur mouvement, conſervent avec lui une parfaite égalité de diſtance; un excellent Thermometre devient inutile ou trompeur dans un froid exceſſif, qui fait ſortir l'air contenu dans les pores de la liqueur; cet accident en dérange tout à-fait la marche. Le Phyſicien intelligent ne ſe contentera donc pas du bon choix qu'il aura fait de ces inſtruments; il aura ſoin de ne peſer avec le premier, que des quantités de matiere proportionnées à ſa force, & de ne porter l'autre que dans des refroidiſſements incapables de le déranger: ou bien il en aura pluſieurs du même genre, mais d'eſpece ou de grandeurs différentes, pour les aſſortir aux uſages auxquels ils ſeront propres. Les deux exemples que je viens de citer, doivent faire comprendre dans combien de cas de pareilles précautions ſont néceſſaires.

Mais ce que l'on trouvera peut-être de plus pénible & de plus embarraſſant dans l'Art des Expériences, c'eſt l'en-

tretien & la réparation des Machines. Les unes ſont extrêmement fragiles, à cauſe de la tranſparence qu'on eſt bien-aiſe qu'elles aient. Quand elles périſſent, il faut attendre long-temps pour en tirer d'autres de la Verrerie; heureux celui qui ſait aſſujettir ſon Expérience à ce qu'il trouve tout fait dans le magaſin d'un Fayancier, & adapter à la Phyſique des vaiſſeaux préparés pour un uſage plus commun. Les autres ſont d'une conſtruction délicate qui demande beaucoup de ménagement : celle-ci ſont tellement compliquées, qu'il eſt difficile d'appercevoir par où elles manquent; celles-là doivent leur exactitude à des cuirs gras ou mouillés qui ſe deſſechent; enfin la rouille, le verd-de-gris, l'action même des matieres qu'on emploie, ou ſur leſquelles on travaille, ſont autant de dangers contre leſquels il faut ſavoir être continuellement en garde : de ſorte que pour n'être pas rebuté des difficultés qui ſe rencontrent dans la Phyſique expérimentale, il faut être preſqu'autant initié dans les Arts méchaniques que dans la connoiſſance des effets naturels.

Comme il eſt à ſouhaiter que les Commençants qui cherchent à s'inſtruire par

la lecture des Ouvrages de Physique ; entendent les expressions de Géométrie & d'Algebre, qu'on y emploie très-communément aujourd'hui ; nous devons regarder aussi comme une chose nécessaire à celui qui veut étendre les progrès de la Physique, de posséder assez ces deux Sciences, pour s'en aider dans ses recherches, & pour évaluer ses découvertes : il y aura sans doute bien des occasions où il sera réduit au regret de n'en pouvoir faire usage ; mais dans celles-là même l'esprit géométrique l'empêchera de s'écarter du vrai, en suivant des routes détournées, & lui fera voir les *à-peu-près* avec plus de justesse. Partout ailleurs les combinaisons, la mesure & le calcul, lui apprendront d'avance ce qu'il peut attendre de son travail, lui ouvriront de nouvelles vues, & l'empêcheront de prendre de fausses apparences pour des réalités.

Après avoir recommandé de très-bonne-foi l'application de la Géométrie à la Physique, après avoir reconnu de même que l'étude de la Nature n'a commencé que depuis cette heureuse union à faire de véritables progrès, oserois-je dire qu'il est dangereux pour un

Physicien, de prendre beaucoup de goût à la Géométrie ? On ne manquera pas de m'exposer des exemples vivants, qui me prouveront sans réplique qu'on peut être en même temps excellent Géomètre, & très habile Physicien ; mais ces bons modeles sont-ils toujours imités ? Pour un petit nombre de ces Génies sages, à qui la gloire d'exceller dans une Science exacte n'a pas fait perdre le goût d'une étude, où l'on ne trouve presque jamais ni précision, ni certitude complette, & qui n'ont recours aux calculs & aux expressions géométriques, que quand l'importance des questions, la nature & la nécessité des preuves le demandent : combien n'en voyons-nous pas qui ne peuvent plus descendre des hautes spéculations où ils se sont élevés, qui dédaignent tout ce qui est au-dessous ! Combien d'autres qui n'ont pas tant de chemin à faire pour se mettre au niveau du commun, se plaisent à rendre en caracteres algébriques, des vérités qui ne perdroient rien de leur valeur, quand elles seroient exprimées d'une maniere intelligible à tout le monde ! De tels écrits bien appréciés montrent assez clairement, que le peu

de Physique qui s'y trouve, a servi de prétexte à une autre Science dont on a voulu faire parade.

Qu'il me soit permis, en finissant ce Discours, de faire des vœux pour certaines qualités du cœur, d'où dépendent, selon moi, le principal mérite & la plus solide satisfaction du Physicien. Je voudrais qu'il aimât la vérité par-dessus tout, & que dans ses études, il eût toujours en vue l'utilité publique : animé par ces deux motifs, il ne produira rien qu'il ne l'ait examiné avec la plus grande sévérité ; jamais une basse jalousie ne lui fera nier ou combattre ce que les autres auront fait de bien : la vanité de paroître inventeur, ne l'empêchera pas de suivre ce qui aura été commencé avant lui, & ne le portera pas à s'occuper de frivolités brillantes, plutôt que de s'abaisser à des recherches utiles qui auroient moins d'éclat aux yeux du vulgaire.

Oui, je fais mille fois plus de cas de ces zèlés Citoyens qui appliquent leurs lumieres & leurs talents à rendre potable l'eau qui ne l'est pas, à maintenir dans son état naturel celle qu'on embarque par provision, à purifier l'air dans les

lieux où il eſt ordinairement mal-ſain, à rendre la Bouſſole d'un ſervice plus ſûr, à perfectionner la culture des terres, à conſerver le produit des moiſſons, quoique tous ces objets aient été entamés; que, de ces Savants orgueilleux qui cherchent à nous éblouir par la grandeur apparente, mais ſouvent imaginaire, ou par la ſingularité des ſujets qu'ils entreprennent de traiter. Eſt-il un homme ſenſé qui puiſſe voir ſans admiration, ſans reconnoiſſance, un Philoſophe illuſtré par les travaux les plus applaudis, & jouiſſant depuis long-temps de la réputation la plus grande & la mieux méritée, appliquer une partie de ſes connoiſſances & de ſes talens aux ſoins d'une ménagerie, quand il croit y avoir un nouveau moyen de procurer l'abondance ? Au riſque de paſſer pour un ſimple imitateur dans l'eſprit des gens mal inſtruits, il conſacre généreuſement à ces utiles recherches, des années de méditations & d'eſſais, pendant leſquelles il eût pu ſe flatter de pénétrer les ſecrets de la nature qui piquent le plus la curioſité des hommes.

C'eſt ſur ces grands exemples que je voudrois voir les nouveaux Phyſiciens

ſe former ; ſi les forces nous manquent pour atteindre à cette ſupériorité de lumieres qui diſtingue ces hommes rares, allons auſſi loin que nous le pourrons, en marchant ſur leurs traces, & ſur-tout ayons la noble émulation de les égaler dans leurs vertus.

Fin du Discours.



EXPLICATIONS

De quelques termes de Géométrie employés dans cet Ouvrage.

AIRE, superficie ou espace enfermé dans une figure quelconque : l'aire du cercle, par exemple, est l'étendue qui est terminée par la circonférence.

ANGLE, ouverture de deux lignes qui se rencontrent en un point, comme *AC*, *BC*, *fig.* 1. Le point de concours se nomme le *sommet* ou la *pointe* de l'angle. On distingue principalement 3 sortes d'angles : savoir, l'angle *aigu*, l'angle *droit* et l'angle *obtus* : l'angle aigu est celui dont l'ouverture embrasse moins que le quart d'un cercle qui auroit pour centre le sommet de l'angle, comme *ACB*, *fig.* 1. L'angle droit est celui dont une ouverture embrasse justement un quart de cercle, comme *ACD* ; et l'angle obtus est celui dont l'ouverture est plus grande qu'un quart de cercle, comme *ACE*.

ANGULAIRE, qui a un ou plusieurs angles.

ANGULEUX : ce terme est quelquefois employé pour signifier qu'un corps est tranchant par plusieurs endroits.

ARC, partie de la circonférence d'un cercle. Comme toute cette ligne est divisée en 360 parties égales, les arcs se distinguent entr'eux par le nombre de ces parties ou degrés qu'ils contiennent; ainsi l'on dit un arc de 10, de 30, de 50 degrés. Celui qui en contient justement 90, se nomme plus ordinairement *quart de cercle*; comme lorsqu'il en a 180, on l'appelle communément *demi-cercle* : tels sont les arcs *ABD*, *ADF*, *fig.* 1. On donne aussi le nom d'arc aux parties de toutes les autres courbes qui ne sont point circulaires : on dit l'arc d'une parabole, d'une ellipse, &c.

ATMOSPHERE, vapeurs ou exhalaisons qui sortent d'un corps, et qui l'entourent uniformément jusqu'à une certaine étendue : ce mot s'entend communément de la masse d'air qui enveloppe le globe terrestre, et qui reçoit tout ce qui s'exhale continuellement de la terre.

Axe, ligne droite qu'on suppose immobile, pendant que le corps qu'elle traverse fait sa révolution autour d'elle.

L'axe d'une sphere ou d'un globe est une ligne droite qui passe au centre, et qui aboutit à deux points opposés de la surface, qu'on nomme *poles*. L'axe d'un cône est aussi une ligne droite qui commence au sommet, et qui aboutit au centre de la base, comme *IK*, *fig.* 2.

Base, ce qui sert de fondement et d'appui à quelque corps ou à quelque machine ; on appelle la base d'un cône ou d'une pyramide, le plan le plus bas qui les termine, comme le cercle représenté par *LMK*, *fig.* 2.

Centre, milieu, ou l'endroit qui est également distant de toutes les parties opposées et correspondantes d'un même corps. Le centre du cercle est un point également éloigné de tous ceux qui composent la circonférence, comme *C*, *fig.* 1. Le centre d'une sphere ou d'un globe, est le point qui est également distant de toute la superficie. On donne quelquefois le nom de centre à un point qui n'est pas également distant de tous ceux qui terminent la

figure ; il suffit qu'il partage en deux parties égales tous ses diametres : ainsi *P* peut être regardé comme le centre de l'ellipse représentée par la *fig*. 3.

CERCLE, figure terminée par une ligne courbe, dont tous les points *A*, *D*, *F*, *G*, &c. sont également distans d'un autre point *C* qu'on nomme *le centre*, *fig*. 1. On est convenu de diviser tout cercle, petit ou grand, en 360 parties égales, qu'on nomme *degrés* ; de sorte que ces parties sont toujours proportionnelles, c'est-à-dire, plus grandes dans les grands cercles, plus petites dans les plus petits, mais toujours en même nombre dans les uns et dans les autres. Chaque degré se subdivise en 60 *minutes*, chaque minute en 60 *secondes*, et chaque seconde en 60 *tierces*. Dans la sphere, on distingue deux sortes de cercles, les grands et les petits. Les premiers sont ceux dont le diametre passe au centre même de la sphere, tels sont l'Equateur, l'Horizon, le Zodiaque, &c. On appelle petits cercles, ceux dont le plan ne partage pas la sphere en deux parties égales ; ou ce qui est la même chose, dont le centre n'est pas le même

que celui de la sphere : tels sont les cercles polaires et les deux tropiques.

CIRCONFERENCE, ligne courbe qui rentre sur elle-même, qui termine et renferme un certain espace ; telle est la ligne *QTRS*, *fig.* 3, ou *ADFG*, *fig.* 1. On confond assez souvent le cercle avec sa circonférence ; cependant, à parler exactement, la circonférence est une ligne qui termine, et le cercle est l'espace terminé.

CIRCULAIRE, qui a la forme d'un cercle, ou qui se fait en tournant autour d'un centre : le mouvement d'une fronde est circulaire.

CONCAVE, qui est creux et rond ; le dedans d'une calotte ou d'un chapeau est concave.

CONCENTRIQUE, qui a le même centre ; le cercle *noh*, *fig.* 4, est concentrique à *NOH*, parce que le centre *C* est commun aux deux.

CÔNE, corps solide formé par la révolution d'une ligne droite fixée par un bout, et qui décrit par l'autre un

cercle dont le rayon est plus petit qu'elle ; c'est la forme qu'on donne communément aux pains de sucre ; *voy. la fig.* 2 : le point *I* se nomme le *sommet* ou la *pointe* du cône ; la ligne *IK*, son *axe* ; et le cercle *L MK*, sa *base*.

CONIQUE, qui a la figure d'un cône, ou qui appartient au cône ; les différentes figures qui naissent de la coupe d'un cône, se nomment *sections coniques*.

CONVERGENTS, se dit de deux rayons de lumiere qui tendent à se réunir en un point. Si *AC*, *BC*, *fig.* 1, étoient deux rayons de lumiere qui partissent des points *A* et *B*, leur *convergence* seroit en *C*, et le degré de cette convergence seroit exprimé par la valeur de l'angle *ACB*.

CONVEXE, courbé ou ceintré comme la surface extérieure d'un globe.

CORDE, en terme de géométrie, est une ligne droite dont les extrémités terminent un arc de cercle, comme *NO*, *fig.* 4. Cette ligne se nomme aussi *soutendante*. Si l'arc qu'elle mesure, étoit la moitié de la cir-

conférence, ou bien si elle passoit au centre du cercle, alors elle se nommeroit *diametre*.

Courbe, se dit d'une ligne dont toutes les parties ne sont pas dans la même direction, tel que l'arc *ABD*, *fig.* 1. On appelle aussi surface courbe, celle dont toutes les parties ne sont pas dans le même plan; telle est celle d'un globe, d'un cylindre, &c.

Cube, corps solide, régulier, terminé par six faces quarrées et égales; les dez à jouer sont de petits cubes: *voyez la fig. 5*.

Cubique, qui a les dimensions d'un cube; un pied cubique exprime une quantité de matiere contenue sous six faces, dont chacune est d'un pied en quarré.

Curviligne, qui est composé de lignes courbes.

Cylindre, est un solide composé de plusieurs plans circulaires, égaux et concentriques: le premier et le dernier de ces cercles prennent le nom de *base*, et la ligne *AB* qui passe par

tous les centres, se nomme l'*axe* du cylindre. *Voyez la fig.* 7.

CYLINDRIQUE, qui a la forme ou les dimensions d'un cylindre ; ce qui doit s'entendre d'une cavité, comme d'un corps solide. Un corps de pompe doit être intérieurement bien cylindrique.

DIAGONALE, ligne droite qui va d'un angle à l'autre opposé, dans une figure à plusieurs côtés ; telle est *VX*, *fig.* 6.

DIAMETRE, ligne droite qui partage un cercle en deux parties égales, comme *GD*, *fig.* 1. On appelle aussi de ce nom les lignes qui passent par le centre des autres figures ; comme *ST*, *fig.* 3, ou *VX*, *fig.* 6. On mesure les cercles par leurs diametres, comme aussi toutes les figures et tous les corps réguliers qui sont composés de cercles ; ainsi l'on compare les cylindres et les spheres par leurs diametres.

DIVERGENS, se dit de deux rayons de lumiere qui partent d'un même point et qui vont en s'écartant l'un de l'autre, comme *CA*, *CB*, partant du point *C*, *fig.* 1.

fig. 1. la *divergence* se mesure par la valeur de l'angle que font les rayons en s'écartant.

EQUILATÉRAL, qui a ses côtés égaux; tel est le triangle *CDF*, *fig.* 8. composé de trois lignes égales ; celui des côtés sur lequel le triangle est posé, se nomme sa *base*, et l'angle qui est opposé, s'appelle le *sommet*.

EXAGONE, qui a six côtés ou six faces : on dit un plan exagone, une pyramide exagone.

EXCENTRIQUE, qui n'a pas le même centre ; le cercle *o h i*, *fig.* 4. est excentrique aux deux autres de la même figure, parce que son centre *D* n'est pas le même que le leur qui est en *C* ; et la distance qui est entre *C* et *D*, est la mesure de cette *excentricité*.

GLOBE, est un solide régulier, dont tous les points de la surface sont également distants d'un centre commun, *fig.* 9.

GLOBULE, petit globe : on se sert souvent de ce mot pour signifier un

petit corps rond dans tous les sens ; le mercure en se divisant se met en globules ; les petites parties d'air paroissent dans l'eau en forme de globules.

HÉMISPHERE, moitié de sphere ou de globe : on entend assez souvent par ce mot, cette partie de la terre qui est bornée par l'horizon rationel ; le Soleil éclaire tous les jours notre hémisphere.

HORIZONTAL, parallele à l'horizon : ce mot désigne la position d'un plan ou d'une ligne.

INCIDENCE, signifie la chûte ou la direction d'une ligne sur une autre ligne ou sur un plan : on appelle *angle d'incidence*, celui qui est formé par cette rencontre.

LIGNE, est une suite de points qui se touchent : s'ils sont dans la même direction, ils forment une *ligne droite*, comme *E F*, *fig.* 10. sinon ils font une *ligne courbe*, comme *EGF*. On conçoit toutes les lignes courbes comme des assemblages de lignes droites infiniment petites, inclinées les unes aux autres, *Ef*, *gh fg*, *ik*, etc. *fig.* 10 ; en ce

sens il n'y a point de ligne courbe proprement dite.

OBTUS, se dit d'un angle qui a plus de 90 degrés. *Voyez* ANGLE.

PARALLELE, se dit d'une surface ou d'une ligne qui, dans toute son étendue, est également distante d'une autre ligne ou d'une autre surface. Les lignes *Xx* et *Vu* de la *fig.* 6, sont paralleles entr'elles.

PARALLÉLOGRAMME, figure plane dont les côtés opposés sont paralleles entr'eux : telle est la *fig.* 6.

PENTAGONE, figure plane, terminée par cinq côtés.

PERPENDICULAIRE, en parlant d'une ligne ou d'une superficie, signifie qu'elle se présente à une autre ligne ou surface, de maniere qu'elle fait avec elle deux angles droits, au moins un ; la ligne *H I*, *fig.* 11, est perpendiculaire à *L M*.

PLAN, étendue ou superficie droite et unie, terminée par une ou par plusieurs lignes droites ou courbes :

la *fig.* 1 représente un plan circulaire, la *fig.* 6 représente un plan quarré.

POINT, étendue fort petite, dont on confond les dimensions.

PÔLE, l'une des extrémités de l'axe autour duquel se font des révolutions. Les pôles du Monde sont les deux points immobiles autour desquels se fait le mouvement de toute la sphere.

POLYGONE, figure qui a plusieurs côtés; c'est le nom générique dont les especes sont, le triangle, le quarré, le pentagone, l'exagone, etc.

PRISME, corps solide terminé aux deux bouts par des plans polygones, égaux, semblables et paralleles, et dans sa longueur, par autant de parallélogrammes qu'il y a de côtés aux deux polygones qu'on nomme les *bases*. Quand ces deux bases font des triangles, le prisme se nomme *triangulaire*, tel est celui qui est représenté par la *fig.* 12.

PRISMATIQUE, qui a la figure d'un prisme, ou qui a quelque rapport au prisme: on appelle *verres prismatiques*

ceux dont on se sert pour séparer les rayons de la lumiere : on appelle aussi quelquefois *couleurs prismatiques*, les rayons colorés de lumiere qu'un prisme de verre fait appercevoir.

PYRAMIDE, corps solide qui a plusieurs faces, et qui s'éleve en diminuant, *fig.* 13. Le cône peut être regardé comme une pyramide ronde.

QUADRILATERE, figure terminée par quatre lignes droites. La *fig.* 6 est un quadrilatere régulier.

QUARRÉ, figure à quatre côtés, qui a les quatre angles droits : si les quatre côtés sont égaux, elle se nomme *quarré parfait* ; s'il y en a deux longs et deux courts, qui soient opposés entr'eux, elle se nomme *quarré long* ; la *fig.* 6 est de la premiere espece.

RAYON, en parlant d'un cercle, est une ligne droite tirée du centre à la circonférence : telle est *CB* ou *CD*, *fig.* 1. Le rayon du cercle s'appelle aussi *demi-diametre*.

RECTANGLE, se dit d'une figure qui a un ou plusieurs angles droits : le

triangle *V X u*, *fig.* 6, est rectangle, parceque l'un de ces angles *u* est droit.

RECTILIGNE, qui est composé de lignes droites; les deux triangles, ou le quarré de la *fig.* 6, sont des figures rectilignes.

SECTEUR, est un triangle formé par un arc et par deux rayons : tel est *ABC*, *fig.* 1. Le secteur d'une sphere est un cône droit, dont la base aboutit au plan d'un segment.

SEGMENT, est une portion d'une figure curviligne, terminée par un arc et par une corde; *OZN*, *fig.* 1 est un segment de cercle. On dit aussi *segment de sphere*, pour exprimer la partie qui est contenue sous une portion de la surface convexe, et sous un plan qui ne passe point par le centre; c'est en quoi le segment differe de l'hémisphere.

SINUS, est une ligne droite qu'on tire de la pointe d'un arc de cercle, perpendiculairement sur le diametre qui passe par l'autre bout du même arc, et celui-là s'appelle *sinus droit* : comme *H K*, *fig.* 1; mais la partie du diametre coupée par le sinus droit jusqu'à la

circonférence, s'appelle *sinus verse* ou *fleche*, *K G*; et le rayon entier, ou demi-diametre, est le *sinus total*, ou le plus grand de tous les sinus.

SPHERE. *Voyez* GLOBE.

SPHÉRIQUE, qui a la figure d'une sphere, comme une balle parfaitement ronde de toutes parts.

SPHÉROÏDE, corps solide qui approche beaucoup de la figure sphérique, mais qui n'est pas parfaitement rond de toutes parts, n'ayant point tous ses diametres égaux; telle est la figure qu'on attribue maintenant à la Terre.

TRIANGLE, figure comprise sous trois lignes qui forment trois angles, *C D E*, *fig.* 8. Les triangles reçoivent différents noms, suivant la nature des lignes et des angles qui les composent. Ainsi l'on appelle triangle *rectiligne* celui qui est composé de lignes droites; *curviligne*, celui qui est formé par des lignes courbes; *mixte*, celui dont les côtés sont en partie droits et en partie courbes: *rectangle*, celui qui a un

angle droit; *équilatéral*, celui dont les trois côtés sont égaux, etc.

VERTICAL, se dit de ce point du Ciel qui répond directement au-dessus de notre tête; ce que l'on nomme autrement *Zénith* : une ligne qui tombe à plomb de ce point, est nécessairement perpendiculaire à l'horizon; c'est pourquoi l'on se sert quelquefois de ce mot pour exprimer une direction qui tombe à angles droits sur un plan horizontal.





LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

PREMIERE LEÇON.

PRÉLIMINAIRE.

LA physique est la science des corps: son objet est de les connoître par leurs propriétés, par les effets qu'ils présentent à nos sens, et par les loix selon lesquelles s'exercent leurs actions réciproques. C'est en quoi principalement elle différe de l'histoire naturelle, qui nous apprend seulement quelles sont les productions de la nature, et les différences sensi-

I. LEÇON.

I. LEÇON.

bles qui les caractérisent selon leurs genres & leurs especes.

Nous appellons *corps naturels* toutes les substances matérielles dont l'assemblage compose l'univers. Ce que nous remarquons en elles d'uniforme & de constant dont nous n'appercevons pas les causes, nous le nommons *propriété*; & nous partons delà comme d'un point fixe, pour expliquer les différens phénomènes, sans oser assurer que ce que nous donnons pour premiere cause physique, ne soit l'effet d'un autre principe qui nous est inconnu.

Si nous étions certains d'avoir entiérement pénétré la nature des corps; si nous savions, à n'en point douter, qu'ils n'ont point d'autres propriétés que celles qui sont déja parvenues à notre connoissance, nous pourrions nous flatter avec raison d'en avoir une idée complette, & nous n'aurions plus que des applications à faire pour rendre raison des effets naturels, qui font l'objet de notre étude. Mais il s'en faut bien que nous puissions le présumer; rien ne nous met en droit de faire une pareille supposition;

l'expérience qui nous a appris ce que nous savons de ces propriétés des corps, bien loin de nous dire qu'elle n'a plus rien à nous faire connoître, semble au contraire nous annoncer une source intarissable de nouvelles découvertes, par celles même que nous faisons tous les jours.

Quoique la physique ne puisse pas se vanter de savoir tout ce que les corps ont de commun entr'eux, ou tout ce qu'il y a de particulier en chacun ; elle connoît cependant un certain nombre d'attributs, qu'elle regarde comme primitifs jusqu'à ce qu'elle apperçoive une cause premiere dont ils soient les effets, & qui se trouve généralement & d'une maniere absolue dans tout ce qui est matiere. Telles sont, par exemple, *l'étendue actuelle*, *la figure* en général, *la mobilité*, etc. qui accompagnent tous les corps d'une maniere inséparable, dans quelque état ou dans quelque circonstance qu'ils puissent être.

Il est des propriétés d'un ordre inférieur, qui ne conviennent à tous

I. LEÇON.

les corps qu'autant qu'ils sont dans certains états ou dans certaines circonstances : celles-ci pour l'ordinaire ne sont que des combinaisons des premieres, & forment une seconde classe. Telle est, par exemple, la *liquidité*, qui dépend probablement de la mobilité respective des parties, de leur figure, de leur grandeur, &c. Elle ne convient qu'aux matieres qui sont dans cet état qui les fait nommer *liqueurs* : elle appartient à l'eau qui peut couler, et point à la glace, quoique ce soit le même corps.

Enfin, ces propriétés du premier et du second ordre, se combinent de plus en plus, et conviennent à un nombre de corps d'autant moindre : alors elles ne s'étendent plus à tous comme les premieres ; elles n'embrassent point certains états comme les secondes ; elles se bornent à des genres, à des especes, aux individus même. Telles sont plusieurs propriétés de l'air, du feu, de la lumiere, des métaux, de l'aimant, etc. Nous allons traiter d'abord des propriétés les plus générales ; et nous descendrons ensuite dans le détail

de celles qui sont particulieres à certains corps.

PREMIERE SECTION.

De l'étendue & de la divisibilité des Corps.

Ce qui se présente le premier à nos idées, ou du moins à nos sens, quand nous examinons les corps qui nous environnent, c'est leur *étendue*; c'est-à dire, une grandeur limitée d'une façon quelconque, à laquelle on conçoit des parties distinguées les unes des autres.

L'étendue matérielle dont il s'agit ici, a trois dimensions, *longueur*, *largeur & profondeur*, que les Géometres considerent et mesurent séparément l'une de l'autre, mais qui sont inséparabies en physique; car le plus petit corps est solide; il a au moins deux surfaces réellement distinguées; et comme la profondeur est composée de surfaces, et que les surfaces résultent d'un assemblage de lignes, il

s'ensuit que le moindre de tous les corps est long, large et profond.

Tous les grands corps, je veux dire ceux dont l'étendue est assez grande pour être visible ou palpable, peuvent se partager en plusieurs portions, qui décroissent toujours de grandeur, à proportion que la division augmente, jusqu'à ce qu'enfin chacune d'elles échappe à nos sens. C'est ainsi que la lime réduit comme en poudre, un morceau de métal que le ciseau a séparé d'une plus grosse masse.

Quelque petites que nous paroissent alors ces portioncules de matiere, on se persuade aisément qu'elles sont encore divisibles : les arts nous font connoître par mille procédés différens, que ces petits corps sont eux-mêmes des assemblages de *molécules* ou petites masses séparables les unes des autres ; le grain de froment que la meule met en farine, se subdivise encore bien davantage dans l'eau qui l'aide à fermenter.

Ces molécules elles-mêmes qui ne sont sensibles que lorsqu'elles sont plusieurs ensemble, et que nos yeux peuvent à peine distinguer les unes

des autres avec le meilleur microscope, se décomposent encore en bien des occasions, et nous font connoître d'une maniere évidente, qu'elles ont des *parties* qui peuvent être séparées les unes des autres, et qui bien souvent ne se ressemblent pas. Un morceau de bois mis au feu, cesse bientôt d'être du bois : non-seulement les molécules qui composent sa masse, se désunissent, mais les parties même que la nature avoit liées ensemble pour former ces molécules, cédent aussi à l'action du feu, et paroissent séparément sous la forme de fumée, de flamme, de cendres, etc.

Enfin, ces dernieres parties, souvent différentes entre elles, mais dont l'union formoit de petites masses semblables dans un même tout; ces parties, dis-je, ne sont point encore des êtres que nous puissions regarder comme absolument insécables. Quoiqu'on leur donne quelquefois le nom de *principes*, c'est plutôt une dénomination d'usage, qu'un titre sur lequel on puisse s'appuyer pour leur attribuer l'indivisibilité physique. On a raison de croire que dans l'état où

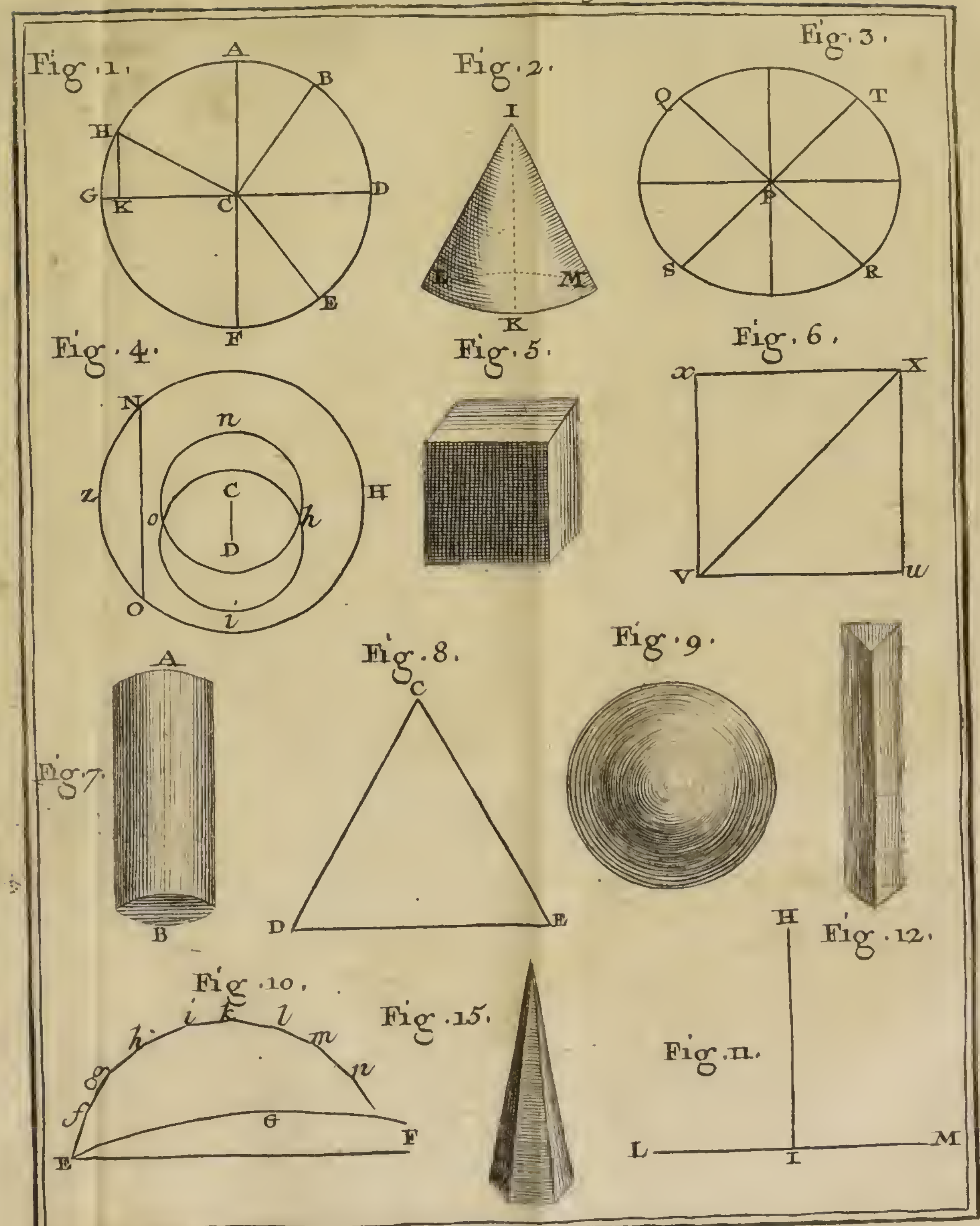
I. LEÇON.

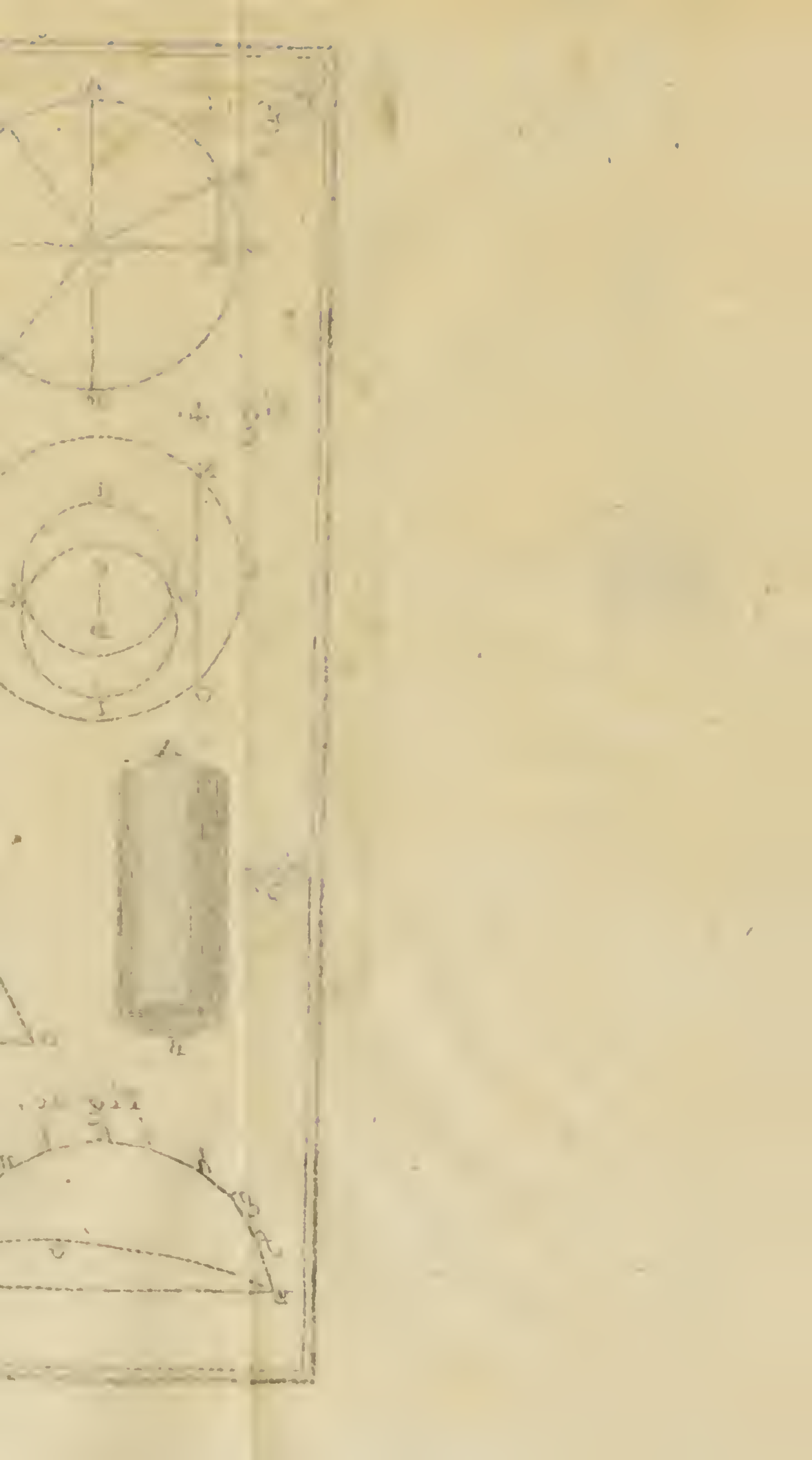
elles se présentent ordinairement, elles n'ont point acquis le dernier degré possible de petitesse ; elles ont leurs *Elémens*, et ces élémens sont encore de nature différente dans plusieurs : tel est, par exemple, le soufre qu'on regardoit autrefois comme une de ces substances inaltérables, employées par la nature dans la composition des corps, et qu'une physique plus éclairée trouve encore le moyen de décomposer, et même d'imiter.

Mémoire de l'Ac 1704, pag. 278.

Mais quand nous avons épuisé tous nos efforts pour diviser une matiere, que les procédés nous manquent, et que l'expérience refuse de nous éclairer; que devons-nous penser de la divisibilité des corps? et quelle doit être la régle de nos conjectures ? devons-nous croire que tout est fait; que nous avons poussé la nature jusques dans ses derniers retranchemens; et que nous sommes arrivés à ces petits corps simples, avec lesquels on peut croire qu'elle a commencé l'ouvrage que nous avions entrepris de décomposer ?

Il y auroit de la présomption à le penser; et les difficultés même que nous avons trouvées dans nos tenta-


Fig. 1.
A
B
H
G
K
C
D
E
F
Fig. 2.
I
L
M
K
Fig. 3.
Q
T
P
S
R
Fig. 4.
N
n
z
C
H
o
h
D
O
i
Fig. 5.
Fig. 6.
x
X
V
u
Fig. 7.
A
B
Fig. 8.
C
D
E
Fig. 9.
Fig. 12.
H
Fig. 10.
i k l
h
m
g
n
f
G
F
E
Fig. 15.
Fig. 11.
L
I
M



tives, doivent au moins nous faire soupçonner le contraire. Quand nous entreprenons de diviser un corps, l'exécution en devient de plus en plus difficile, à mesure que les parties divisées décroissent de grandeur : c'est que nous ne pouvons les séparer, qu'en faisant agir entre elles une matiere étrangere qui les désunisse, ou en les saisissant extérieurement pour les forcer à se séparer : plus elles deviennent minces, moins elles donnent de prises aux moyens qu'on emploie ; et leur désunion est d'autant plus difficile, qu'elles se ressemblent davantage, ou qu'elles approchent plus de la premiere simplicité, soit qu'elles se touchent alors par des surfaces plus analogues, soit qu'il se trouve peu de corps plus durs et plus petits qu'elles pour les entamer. Il est donc tout naturel de croire que quand une matiere ne se divise plus, c'est bien moins parce qu'elle n'a plus de parties à diviser, que parce qu'il n'y a plus rien d'assez subtil pour interrompre sa continuité.

La matiere est-elle donc divisible à l'infini ?

I. LEÇON.

Ce que nous avons dit jusqu'ici, n'engage point à le conclure; et cette question qui fait tant de bruit dans les Ecoles, paroît se réduire à peu de chose, quand on veut s'entendre. Car s'il s'agit d'une divisibilité purement idéale, il est évident qu'on peut répondre par l'affirmative, puisqu'alors tout se réduit à savoir si l'on conçoit toujours comme divisible un corps, quelque divisé qu'il puisse être : or il est certain qu'on le conçoit ainsi; on imagine encore deux moitiés dans la plus petite particule : les surfaces qui la renferment, quoiqu'infiniment rapprochées, ne se confondent jamais; et l'on pourra toujours dire la même chose à chaque nouvelle division qu'on voudra feindre. Cette divisibilité imaginaire n'a donc point de bornes; de sorte que si l'art et la nature s'entendoient pour exécuter tout ce que nous pouvons penser, on pourroit trouver dans l'aile de la plus petite mouche un nombre de parties qui égaleroit enfin celui des grains de sable qui se rencontrent sur les bords de tout l'Océan : proportion qui ne peut paroître paradoxe qu'à ceux qui

confondroient la comparaison de nombre (qui est la seule dont il s'agit ici) avec celles des grandeurs matérielles.

Mais la nature est-elle aussi féconde que notre imagination ? Ce que nous concevons comme possible, a-t-il lieu dans le réel ? Ces petites portions d'étendue qui se touchent sans se confondre, pour être réellement distinguées l'une de l'autre, sont-elles pour cela actuellement divisibles ? Ont-elles jamais existé, ou est-il même de leur nature de pouvoir exister séparément l'une de l'autre? C'est sur quoi l'expérience n'a rien prononcé de certain ; et comme en matiere de physique les preuves tirées des faits sont les seules qui éclairent, on peut dire que cette question est indécise.

Cependant plusieurs philosophes en supposant des bornes à cette divisibilité physique, ont pris le parti de dire que les élémens des corps étoient absolument *insécables*, et que la nature même en les formant, s'étoit imposé comme une loi de ne les jamais diviser. Ils citent pour preuves une expérience de six mille ans; c'est pour

I. LEÇON.

cela, disent-ils, que l'état naturel des choses a toujours subsisté le même depuis sa premiere origine; un chêne est toujours un chêne; un cheval est aujourd'hui ce qu'il étoit au commencement; si les germes ou ce qui constitue chaque nature en particulier, étoit quelque chose de divisible, la nature, en général, n'auroit-elle pas changé de face, par les différentes mutations qu'auroient souffertes les especes particulieres?

Quoique j'aie plus de penchant pour admettre les *Atomes* ou corpuscules insécables, que pour supposer la matiere physiquement divisible à l'infini; je ne puis dissimuler cependant que l'argument que je viens de citer, tout spécieux qu'il est, n'a point assez de force pour décider la question, et qu'on y peut répondre validement. Car quand bien même ces petits Etres, production immédiate de la création, ne seroient point insécables, comme on le suppose, l'auteur de la nature n'auroit-il pas pourvu suffisamment à la durée de ses œuvres, en ne laissant dans le monde que des moyens impuissans pour en dé-

ranger l'économie ? Que l'on prouve donc que l'indivisibilité absolue des parties primordiales est la seule voie qu'ait dû prendre la sagesse du créateur, pour rendre chaque espece inaltérable. Mais si cette admirable uniformité avec laquelle nous voyons que la nature se reproduit tous les jours, n'est point une preuve invincible de l'existence des atomes, elle doit au moins faire penser que nous ne devons pas nous promettre si légérement de changer, selon notre gré, une matiere en une autre ; tous les moyens que l'art pourroit nous fournir pour de semblables opérations, ne seroient que de foibles imitations de la nature, des digestions, des fermentations, des calcinations, etc. ; et si la nature elle-même, depuis son origine, s'est conservée constamment, et sans aucun changement, malgré tous les mouvements qui se sont opérés et qui s'operent tous les jours dans son propre sein ; devons nous nous flatter de faire des miracles dans nos Laboratoires ? La chymie, plus savante aujourd'hui qu'elle n'a jamais été, abandonne par cette raison même, de

I. LEÇON.

plus en plus ces sortes de prétentions chimériques, pour s'attacher à des opérations d'une utilité plus réelle. Elle décompose, le plus qu'elle peut, les productions naturelles, pour en connoître les propriétés ; elle en fait des extraits qu'elle tourne à nos usages, et si elle cherche à imiter la nature, ce n'est plus en essayant de composer des matieres qu'elle ne se flatte pas même de bien connoître.

De ce que nous venons de dire touchant la divisibilité des corps, il résulte, 1°. qu'il n'y a point de bornes à cette division mentale, qui n'exige dans la matiere qu'une distinction réelle de parties ; 2°. que la divisibilité physiquement possible ou non possible à l'infini, n'est qu'une affaire de système où l'on trouve des probabilités pour et contre ; 3°. qu'on ne peut nier au moins une multiplicité de parties actuellement séparables, et si petites, que leur nombre et leur ténuité surpassent de beaucoup les idées communes.

La derniere de ces trois propositions est la seule qui soit susceptible de ce genre de preuves auquel nous

nous bornons dans cet ouvrage. J'en appelle donc à l'expérience, et j'entreprends de faire connoître, par des faits dignes de curiosité, ce que l'on doit penser de la prodigieuse divisibilité des corps.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

Préparation.

Que l'on établisse sur trois petits clous, ou d'une maniere équivalente, une piece mince de monnoie, de cuivre ou d'argent : et qu'on allume dessous et dessus de la fleur de soufre, ainsi qu'il est représenté par la *Figure* 1.

Effets.

Par cette opération, dont on dit que certaines gens abusent pour altérer la monnoie, la piece se sépare en deux selon son plan; et fort souvent l'une des deux parties plus mince et plus cassante, laisse encore l'autre assez bien marquée pour ne paroître pas sensiblement diminuée.

I. LEÇON.

EXPLICATIONS.

UN Corps est divisé, quand la liaison de ses parties est interrompue par une matiere étrangere, et qui n'est pas propre à s'unir avec elle : c'est ainsi qu'une lame de couteau sépare un morceau de bois en deux. La partie la plus subtile du soufre qui se développe en brûlant, et qui s'insinue de part et d'autre entre les parties du métal dilaté par le feu, forme dans l'intérieur de la piece, et selon son plan, une couche de matiere étrangere au métal, qui cause la division, et qu'on apperçoit, quand les parties sont séparées.

APPLICATIONS.

LA même cause qui désunit les surfaces liées, les empêche aussi de se joindre, quand bien même elles auroient pour cela toutes les dispositions nécessaires : c'est donc par cette raison, qu'on emploie les huiles et les graisses pour tenir séparées des matieres dont on veut empêcher l'union ou le mêlange; quelque chose d'humide, pour prévenir l'adhérence

de celles qui sont grasses, des poudres absorbantes, quand il regne sur les superficies une fluidité qui les feroit s'attacher. Ainsi, pour nous servir de quelques exemples familiers, nous ferons remarquer qu'on emploie le beurre à froid et par couches dans les pâtes qui doivent être feuilletées; que l'on enduit de quelque matiere liquide l'interieur des moules où l'on doit couler la cire, le soufre, etc. et que l'on pose sur du sable sec les vaisseaux nouvellement formés dans les manufactures de porcelaine ou de fayence. C'est aussi pour cette raison, que dans les Arts on a grand soin de bien nettoyer les surfaces qu'on veut assembler à demeure.

L'usage des colles et des soudures n'est point un argument qui démente cette proposition; quoique ce soit interposer une matiere étrangere entre les parties qu'on veut joindre.

Ce qui fait principalement qu'une couche d'eau interposée, par exemple, entre deux morceaux de cire entretient ordinairement leur désunion, c'est que l'eau n'etant point propre à penétrer dans les Corps gras, et ne

I. LEÇON.

s'y appliquant même qu'imparfaitement, son interposition ne peut point leur servir de lien commun. Mais il n'en est pas de même d'une colle qui peut pénétrer tant soit peu dans les pieces qu'elle doit attacher ensemble; c'est un Corps fluide, quand on l'emploie, et qui par cette raison se moule de part et d'autre dans les creux insensibles des surfaces; mais bientôt il devient solide, parce que son humide l'abandonne, et qu'il pénétre plus avant; alors ces petits liens multipliés presqu'autant de fois qu'il y a de petits vuides entre les parties solides des surfaces, font une adhérence très-considérable. C'est par le même principe, quoiqu'un peu différemment, que les soudures servent à lier les métaux; un mêlange de plomb et d'étain, par exemple, mis en fusion par l'attouchement d'un fer chaud, pénetre dans les premieres surfaces du métal dilaté par la même chaleur; un prompt refroidissement donne lieu à ses parties de se rapprocher; la soudure qui perd en même temps sa fluidité, se trouve adhérente de part et d'autre, sert de lien commun aux pieces, et les joint.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

DANS un verre à boire on met de petites feuilles de cuivre : dans un autre verre semblable on met un peu de limaille de fer ou d'acier; on verse dans l'un et dans l'autre une demi-once d'eau-forte. Voyez les *Figures* 2 & 3.

EFFETS.

DANS le premier vaisseau il se fait un petit bouillonnement; le métal paroît agité; son volume diminue en apparence, la liqueur s'échauffe; elle prend une couleur verte; les feuillets disparoissent enfin; et l'on apperçoit une vapeur qui s'éleve au-dessus du verre. Dans l'autre vase on remarque des effets à-peu-près semblables, mais plus prompts, plus violents, et la couleur approche du rouge.

EXPLICATIONS.

LES parties de l'eau-forte qu'on

I. LEÇON.

peut considérer comme autant de petits tranchans, ou de petites pointes fort aigues, sont portées entre les parties du cuivre et du fer, par une force dont la connaissance partage encore les Physiciens, et sur laquelle l'expérience n'a point encore prononcé d'une maniere décisive; chaque petite masse pénétrée de toutes parts, disparoît peu-à-peu par la division de ses parties qui nagent indépendamment l'une de l'autre dans la liqueur qui les a désunies, et qui, par leur mêlange, paroît sous une couleur qu'elle n'avoit pas avant l'opération. La chaleur qui naît pendant la dissolution est une suite naturelle du mouvement des parties et de l'action d'une matiere sur l'autre : comme aussi la vapeur qui s'éleve sensiblement, est un effet de la châleur augmentée.

La même chose s'opere dans l'autre verre avec plus de promptitude, et avec plus de violence; la principale raison de cette différence, c'est que l'eau-forte, dont on se sert dans ces deux opérations pour diviser les masses, a plus lieu d'exercer son ac-

tion sur le fer réduit en limailles, que sur le cuivre qu'on a laissé en feuilles; elle agit d'autant plus qu'elle est appliquée en même-temps à plus de surfaces; or, les quantités de matieres étant égales, celle-là présente plus de superficie, qui est plus divisée. Supposons, par exemple, une once de fer rassemblée en une petite masse sphérique; si l'on coupe ce petit globe par son diametre, on augmentera sa surface; car il n'aura pas moins qu'auparavant celle de ses deux hémispheres; mais il aura de plus celle qu'on aura fait naître par sa coupe diamétrale : et si l'on multiplie les coupes, il est aisé de voir qu'on augmentera de plus en plus sa superficie.

Une raison qu'on peut ajouter, c'est que le cuivre, à volume égal, est plus pesant que le fer; il y a donc plus de vuide dans le dernier de ces deux métaux, et par conséquent plus d'accès à l'eau-forte; toutes choses étant égales d'ailleurs.

Quant aux couleurs que prend la liqueur par ces dissolutions, ce n'est point ici le lieu d'en parler; nous

expliquerons ces sortes d'effets en traitant de la lumiere.

APPLICATIONS.

L'EAU commune fait, à l'égard d'un grand nombre de corps, ce que l'eau-forte opere sur les métaux; elle divise les terres, les sels, les sucs des plantes, etc. elle se charge de leurs parties divisées, et elle les tient séparées, tant qu'elle est en quantité suffisante pour empêcher qu'elles ne se rejoignent. Les rivieres ne paroissent troubles après les pluies ou après les fontes de neiges, que parce qu'elles reçoivent alors dans leurs lits des eaux qui sont chargées de sable et de terre. Les sources minérales prennent leurs différentes qualités des matières qu'elles contiennent en particules si subtiles, que leur transparence n'en est point altérée; et la mer est salée, selon l'opinion commune et la plus vraisemblable, parce qu'elle dissout des mines de sel qui se rencontrent dans son lit, comme il s'en trouve dans les autres parties de la terre.

Ces sortes de dissolutions ne dé-

composent point les corps ; elles ne font rien autre chose que diviser leurs masses, et rendre indépendantes les unes des autres leurs molécules ainsi désunies. L'art nous fournit même des moyens très-faciles pour les remettre dans leur premier état : il suffit le plus souvent d'évaporer la liqueur qui les tient en dissolution : et c'est là voie la plus simple, quand leurs parties sont moins évaporables que celles du dissolvant. Cette pratique est en usage pour séparer le sel de l'eau dans les salines, pour tirer le salpêtre des lessives qui le contiennent, pour raffiner les sucres, pour augmenter la force des bouillons qu'on nomme *consommés*, et généralement pour épaissir toutes les matieres où la partie liquide est trop abondante.

On peut encore rassembler ce qui est dissous en le précipitant ; ce qui ne manque pas d'arriver toutes les fois qu'on présente au dissolvant une matiere plus pénétrable pour lui, que celle dont il est chargé ; car alors en entrant dans la nouvelle masse, il dépose les autres parties que leur pro-

I. LEÇON.

pre poids rassemble au fond du vase ; c'est ce qu'on voit arriver, par exemple, quand on verse de l'esprit-de-vin sur de l'eau qu'on avait rassasiée de sucre ; parce que l'un de ces deux liquides pénetre l'autre, et abandonne les parties de sucre dont il était chargé.

Quand on précipite ainsi les métaux, on le peut faire d'une façon curieuse, et qui n'est que trop capable d'en imposer à ceux qui ne sont point instruits de ces sortes de faits. Si, par exemple, on trempe une lame de fer dans une dissolution de cuivre ou de vitriol bleu avec l'eau-forte, le dissolvant agira par préférence sur le fer, et déposera les parties de cuivre en la place de celles qu il détachera de la masse de fer, de sorte qu'à la fin de l'opération on pourra tirer du vaisseau une lame de véritable cuivre : mais c'est abuser de cette expérience, que de la proposer comme un procédé pour convertir le fer en cuivre, puisqu'on ne retire jamais de ce dernier métal, que ce qu'on en avait fait entrer dans la premiere dissolution.

Les

Les infusions, à proprement parler, ne sont encore que des dissolutions ordinairement plus lentes, avec cette différence qu'au lieu de faire disparoître toute la masse, elles en détachent seulement une certaine portion.

Les corps qu'on fait infuser, sont pour l'ordinaire composés de parties de différentes natures : la liqueur qui les pénetre, se charge de celles qui cédent à son action; et les autres qui s'y refusent, demeurent liées sous un volume qui differe peu de celui qu'elles avoient. Le bois d'Inde, celui de Brésil, etc. trempés dans l'eau commune, lui abandonnent un certain suc que la nature a placé entre les fibres de ces sortes de bois; cet extrait, qui fait une teinture, ne laisse point appercevoir de diminution sensible quant au volume, dans les morceaux qui en sont dépouillés.

Les infusions deviennent bien plus promptes et plus chargées avec l'eau chaude : la chaleur augmente la liquidité de l'eau, et la rend plus pénétrante; elle dilate les solides qu'on y plonge, et les rend plus pénétrables; ces deux raisons concourent au même

effet. Les racines et les fruits qu'on fait cuire pour servir d'alimens, ne se dépouilleroient point dans l'eau froide des sucs âcres et des autres parties desagreables, qu'on leur ôte en les faisant bouillir.

Quoique les dissolutions et les infusions qui ne font que diviser ou extraire, ne changent rien à la nature des parties qu'elles séparent et qu'elles détachent, cependant elles les rendent propres à des effets, pour lesquels on les appliqueroit en vain sans l'une ou l'autre de ces preparations. Quels secours pourroit-on attendre de la plupart des minéraux ou des végétaux qu'on emploie dans la Médecine, si une division beaucoup plus grande qu'on ne peut la faire avec aucun tranchant ordinaire, ne procuroit à ces mêmes corps une quantité de surfaces suffisantes, des grandeurs et des figures convenables aux parties intérieures du corps animé sur lequel ils doivent agir? Cette agréable varieté de couleurs qu'on admire dans les étoffes et dans toutes les matieres susceptibles de teintures, ne vient-elle pas des infu-

sions en plus grande partie? Des sucs qui se sont épaissis dans les plantes même où la nature les a préparés, et qui y resteroient en pure perte pour nous, se ramolissent et s'étendent dans l'eau qui les pénetre; ils s'impriment avec elle sur une surface préparee; l'eau s'évapore, et l'impression reste.

III. EXPÉRIENCE.

Préparation.

La quatrieme figure représente une petite cassolette de verre, en partie pleine d'une liqueur odorante, comme de l'eau de fleurs d'orange, ou de l'esprit-de-vin chargé de l'odeur de lavande, et posée sur une petite lampe allumée.

Effets.

Quand la liqueur commence à bouillir, il sort par le bec de la cassolette une vapeur fort abondante qui se répand dans toute la chambre, et qui s'y fait sentir d'une extrémité à l'autre, sans cependant qu'il paroisse une diminution sensible dans le volume de la liqueur, lorsque l'expérience cesse après 2 ou 3 minutes.

I. LEÇON.

EXPLICATION.

La vapeur qui porte son odeur dans toute la chambre, n'est rien autre chose que la partie la plus évaporable de la liqueur, que le feu a séparée de la masse, et qu'il a extrêmement divisée : ces petits corps, nonobstant le peu de diminution qu'ils causent au volume qu'ils ont quitté, se trouvent en assez grand nombre pour se répandre également et se faire sentir dans un très-grand espace.

Si l'on veut connoître de plus près ce nombre prodigieux de particules, odorantes, et se représenter d'une maniere plus précise la division surprenante qu'a dû souffrir la petite quantité de liqueur évaporée, il suffit de la comparer au volume d'air contenu dans une chambre qui peut avoir 12 pieds en quarré sur 10 de hauteur. Quand ce peu de liqueur, dont il s'agit, égaleroit deux lignes cubiques avant l'expérience, et qu'après l'évaporation, il ne se trouveroit que 4 particules dans chaque ligne cubique d'air; (supposition qu'on peut faire

en mettant les choses aux prix), que de millions de parties n'appercevra-t-on pas par cette comparaison, et par ce calcul qu'on peut faire facilement? Mais ces millions de parties, de combien ne seront-ils pas encore augmentés, si l'on fait attention que ce qui fait ici l'odeur sensiblement répandue, n'est que la moindre partie de ce qui s'est évaporé? Car dans une liqueur ou dans une vapeur odorante, on doit distinguer les parties propres du liquide de celles dont il est parfumé.

APPLICATION.

LES odeurs considérées par rapport à nos sens, sont des impressions faites sur l'organe par les corpuscules qui s'exhalent des corps odorans. Ce qui se passe en petit dans l'expérience qu'on vient de citer, nous l'éprouvons tous les jours en grand par divers effets naturels. Il regne sur notre globe un certain degré de chaleur qui varie selon les tems et les lieux; ce feu que la nature entretient, et qui met tout en mouvement, joint à d'autres causes dont nous parlerons ailleurs, détache continuellement les parties

les plus subtiles de tous les corps qui couvrent la surface de la terre; celles qui sont propres à se faire sentir par l'odorat, répandues et flottantes comme les autres dans la partie de l'Athmosphere qui en est chargée, se font d'autant plus sentir, qu'elles se trouvent en plus grand nombre dans un volume d'air déterminé. C'est par cette raison sans doute, que l'on sent mieux les fleurs d'un jardin le soir, lorsque l'air se rafraîchit, que dans le fort de la chaleur du jour. Cette fraîcheur qui condense l'air aux approches de la nuit, en rapprochant ses parties, resserre aussi davantage les exhalaisons dont il est chargé, et quand on le respire en cet état, il porte avec lui sur l'organe un plus grand nombre de ces parties odorantes dont nous parlons.

Si la chaleur entretient toujours une quantité plus ou moins grande de mouvement dans tous les corps, & qu'elle occasionne par-là, comme on n'en peut douter, une perte continuelle de leur substance, doit-on s'étonner que tout périsse avec le temps, & que certains corps diminuent

& s'évanouissent promptement ? C'est ainsi que les étangs & les marais se dessechent, quand les pluies ou les sources ne réparent point l'évaporation.

Mais pour nous renfermer dans des exemples pris des corps odorans, ne le remarquons-nous pas d'une maniere bien sensible dans les plantes & dans les fleurs ! Pourquoi pendant la grande chaleur s'affoiblissent-elles jusqu'à plier sous leur propre poids ? Pourquoi le matin reparoissent-elles avec leur premiere vigueur ? N'est-ce pas que ce qui s'exhale pendant le jour, excede la réparation qui vient du sein de la terre ? Pendant la nuit il n'en est pas de même, les vuides se remplissent.

Quoique les plantes par leurs exhalaisons perdent une si grande quantité de leur substance, on ne peut pas dire pour cela, que la partie destinée aux odeurs ait beaucoup de part à leur dépérissement sensible. Il paroit par tous les autres corps de ce genre, que la nature les a soumis à une divisibilité si prodigieuse, qu'ils peuvent fournir à leur effet pendant des espaces de temps qui surprennent. Tout le

monde sait qu'un grain de musc se fait sentir d'une maniere incommode pendant vingt ans, dans un appartement où l'air se renouvelle tous les jours. Ne sait on pas de même que des chiens courent un cerf pendant six heures quelquefois, sans avoir le plus souvent d'autre guide que l'odeur qu'il laisse après lui ? Combien donc de corpuscules cet animal laisse-t-il échapper pour tracer si long-tems sa route à quarante autres animaux, à la vue desquels il se dérobe souvent ?

Le plupart des bêtes, et sur-tout les chiens, ont l'odorat très-fin : la disposition de cet organe dont la partie principale est en-dehors, et le fréquent usage qu'ils en font, contribuent sans doute à cette délicatesse que nous n'avons pas : la nature nous en a dédommagés par le toucher, que nous avons beaucoup plus exquis ; C'est aussi de tous nos sens celui dont nous nous servons le plus, après les yeux, dans l'examen que nous faisons des différents objets qui se présentent: mais les animaux qui ne touchent que très-rarement par forme d'épreuve, examinent avec le nez ce que leur

vue leur annonce d'intéressant ; comme ils sont presque uniquement occupés du soin de leur nourriture, & qu'il y a beaucoup d'affinité entre l'odorat & le goût, il convenoit qu'ils sussent mieux flairer que tâter.

IV. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Au fond d'un grand vase de cristal, on délaye le poids d'un grain de Carmin, & l'on remplit d'eau bien nette le vase, qui tient dix pintes de Paris, & qui est représenté par la *Figure cinquieme*.

EFFETS.

La couleur s'étend de maniere que tout le volume d'eau en paroît sensiblement teint.

EXPLICATION.

Le Carmin est une fécule, ou une espece de lie très fine, que l'on tire par infusion de la cochenille & de quelques matieres végétales ; les parties qui ont été déja divisées par la préparation qu'on en a faite, cedent fort

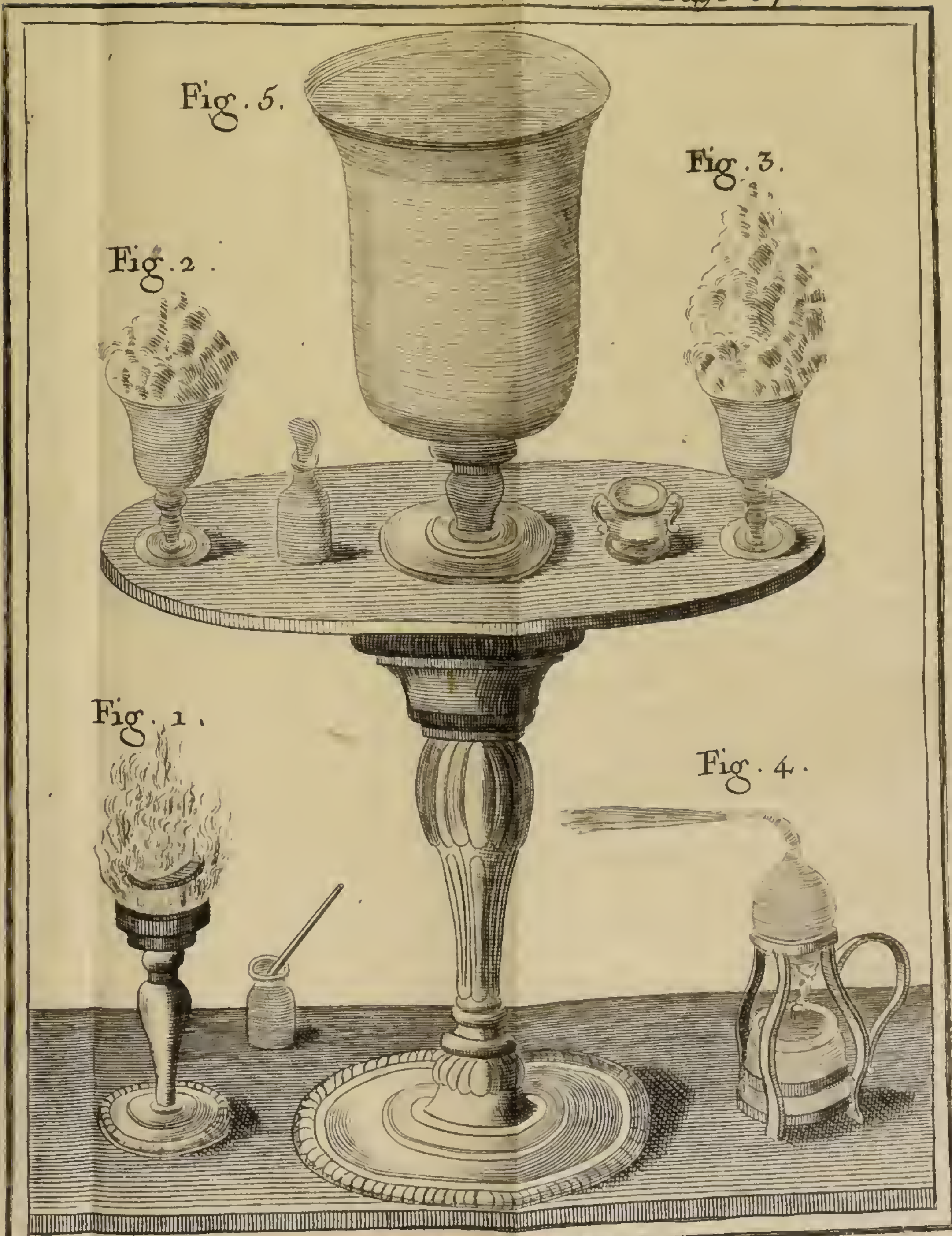
I. LEÇON.

aisément à l'action de l'eau qui les pénetre & qui les étend, de maniere qu'elles se partagent proportionnellement à toute la masse du fluide.

Pour concevoir aisément combien la matiere est divisée dans cette derniere expérience, il suffit de connoître le rapport du poids d'un grain à celui de vingt livres, qui est comme l'unité à cent quatre-vingt-quatre mille trois cent vingt. Mais une quantité d'eau pesant un grain, se présente encore sous un volume bien sensible, lequel, pour être coloré uniformément, doit contenir plusieurs particules de Carmin : quand on n'y en supposeroit que dix, le produit que nous venons de citer, se trouveroit augmenté encore de dix fois sa valeur ; ce qui fera 1843200 parties sensibles dans un volume qui étoit bien peu considérable avant que d'être étendu dans l'eau.

APPLICATIONS.

C'EST par des particules de matieres ainsi divisées et étendues dans quelques liquides, que les Peintres et les Teinturiers donnent aux surfaces des


Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 1.
Fig. 4.

corps, certaines couleurs qu'elles n'ont pas naturellement. Celles qui sont peintes, toujours cachées sous l'enduit dont on les couvre, ne sont plus visibles par elles-mêmes, mais par les couches dont le pinceau les a revêtues. Il n'en est pas de même de celles que l'on fait teindre; on les prépare pour l'ordinaire dans un bain qui, par la chaleur, et par l'action de certains sels, dilate les pores, et creuse une infinité de petites cellules propres à recevoir ensuite les parties colorantes; c'est principalement cette préparation qui rend les teintures durables, et qui empêche que les matieres teintes ne se décolorent, quand on les lave. Ce ne sont pourtant pas toujours des particules colorantes qui teignent les surfaces; nous ferons voir en traitant de la lumiere, que le changement de couleur dépend souvent d'un nouvel arrangement que prennent entr'elles les parties même des surfaces, quand l'eau-forte, par exemple, change le papier bleu en rouge, ou que la chaleur rougit une écrévisse.

OUTRE les expériences que nous

venons de citer pour prouver la divisibilité des corps; les arts nous offrent des pratiques ingénieuses qui la font connoître d'une maniere aussi évidente. On ne peut voir, sans être surpris, la prodigieuse ductilité de l'or et de l'argent. Les Ouvriers qui battent et qui filent ces métaux, leur procurent un degré d'étendue qui s'est attiré depuis long-temps l'attention des philosophes. Boyle * est un des premiers qui ait fait cette remarque, que le poids d'un grain d'or mis en feuilles peut couvrir une surface de 50 pouces quarrés. Cette observation donne lieu d'appercevoir, par un calcul fort simple, un nombre étonnant de parties visibles dans cette petite quantité de métal. La longueur d'un pouce contient au moins deux cents parties visibles; puisque sur deux instrumens de mathématique on le trouve quelquefois partagé par cent divisions, et qu'un Observateur un peu attentif peut fort aisément tenir compte des moitiés. En faisant donc cette supposition, qui est très-recevable, une feuille d'or d'un pouce quarré, pourra se couper en deux cents pe-

* *De mirâ subtilitate effluviorum. c. 2.*

tites bandes plates, et chaque petite bande en deux cents petits quarrés ; de sorte que toute la feuille ainsi divisée, donnera quarante mille parties, qui est le produit de 200 multiplié par 200.

Mais dans un grain d'or battu, on trouve 50 petites feuilles semblables à celles que nous venons de diviser, on doit donc multiplier encore 40000 par 50, ce qui donnera deux millions pour la somme des parties que l'on peut compter avec les yeux dans une portioncule de matiere qui n'est que la 72.e partie d'un gros. Ce nombre, quelque prodigieux qu'il soit, se trouve encore augmenté de moitié ; quand on fait attention que chacune de ces particules d'or peut être vue et touchée au moins par deux surfaces, ou par les deux plans opposés, dont les dimensions sont égales.

Ce que les feuilles d'or et d'argent nous apprennent de la ductilité de ces deux métaux, et de la divisibilité surprenante de leurs parties, est encore bien au-dessous de ce que l'on remarque chez les ouvriers qui pré-

I. LEÇON.

parent le fil d'argent doré dont on se sert pour fabriquer les étoffes, le galon, la broderie, etc. Cet art où le commun des hommes ne trouve qu'un objet de commerce, ou des ressources pour le luxe, présente aux yeux d'un Philosophe, des merveilles qui n'ont point échappé aux observations de Boyle, du pere Mersene, de Rohault et de plusieurs autres physiciens, dans ces temps où il n'était point encore arrivé au degré de perfection qu'il a acquis depuis. M. de Reaumur * qui l'a examiné avec cette exactitude qu'on lui connoît, en a mieux que personne découvert les beautés, et fait connoître le véritable merveilleux. C'est d'après lui que je vais donner ici une idée de la prodigieuse extension dont l'or est capable, quand on le file.

* *Mém. de l'Aca. des Sc. 1713. p. 205. &.*

Avec une quantité de feuilles d'or, qui n'excede jamais le poids de six onces, et qu'on diminue quelquefois presque jusqu'à une, on couvre un cylindre d'argent d'environ 22 pouces de longueur, 15 lignes de diametre, et du poids de 45 marcs. On fait passer ce rouleau doré successivement

par les trous d'une lame d'acier, qui vont en décroissant, de façon que s'alongeant aux dépens de son diametre, il devient enfin aussi délié qu'un cheveu, et d'une longueur qui égale presque 97 lieues de 2000 toises chacune.

Pendant cette opération l'or s'étend sur le fil d'argent à proportion de son alongement; en sorte qu'on doit le considérer comme une enveloppe ou un fourreau dont les parties ne souffrent point d'interruption sensible. Ce fil doré que l'on nomme *trait*, passe ensuite entre deux rouleaux d'acier poli, qui l'écrasent en forme de lame fort mince, dont on enveloppe un fil de soie pour les usages des différens Arts qui l'emploient; et dans l'opération des rouleaux, le trait s'alonge encore d'un 7.e. Ainsi, au lieu de 97 lieues que nous avons comptés pour sa longueur, on en peut compter 111.

En supposant donc du fil le plus légérement doré, voilà une once d'or que l'on doit considérer sous la forme de deux petites lames, dont chacune égale la longueur de 111 lieues, ou

I. LEÇON.

qui égalent ensemble 222 lieues. Mais si l'on fait attention que le trait en s'écrasant sous les rouleaux, prend la largeur d'environ un 8.e de ligne; et par conséquent les deux petites lames d'or qui revêtent l'argent de part et d'autre, on pourra partager encore leur largeur en deux parties; car une ligne se divise fort bien en 16 portions sensibles;) ainsi au lieu de deux lames, il en faudra compter quatre, qui égaleront en longueur 444 lieues. Dans une telle étendue, combien de toises, de pieds, de pouces, de lignes? Et si l'on divise seulement chaque ligne en 10, quelle suite de chiffres ne faudrait-il pas pour exprimer la somme des parties visibles dans une once d'or étendu par la filiere? L'imagination se refuse presque à de pareils nombres; mais pour s'en faire une idée, il suffira de comparer la surface de notre once d'or filé à celle d'une égale quantité du même métal en feuilles. La premiere est à la seconde dans le rapport de 2380 à 146; mais aussi l'épaisseur des feuilles, quelque petite qu'elle soit, est toujours beaucoup plus con-

sidérable que celle de la couche d'or qui se trouve sur le fil : l'une diminue à peine jusqu'à la trente millieme partie d'une ligne : l'autre se porte souvent à un degré de ténuité qui excede la cinq cent vingt-cinq millieme partie d'une ligne.

L'art en filant ainsi les métaux, imite d'assez près la nature, quant au procédé. La soie avant que d'être filée pour nos usages, l'a déja été par les insectes qui nous la fournissent. La chenille qu'on nomme communément *ver-à soie*, porte une filiere naturelle, par laquelle elle moule ce fil précieux dont elle fait sa coque. Des personnes * curieuses et attentives aux merveilles de la nature, considérant l'extrême finesse de cette matiere, en mesurerent 300 aunes qui n'excéderent point le poids de 2 grains et demi ; M. de Reaumur portant plus loin encore ses observations, a trouvé que les fils des araignées, tels qu'elles les produisent immédiatement, et avant qu'elles les joignent pour en former leur toile ; que ces fils, dis je, sont à l'égard d'un cheveu, moins gros que ne l'est le fil trait doré à

* *Boyle, de mirâ subtilitate effluv. cap.* 2.

I. LEÇON.

l'égard du premier cylindre dont il a été tiré ; et que leur diametre égale à peine l'épaisseur de cette légere couche d'or qui couvre le fil d'argent.

Les expériences et les observations que nous venons de rapporter, prouvent suffisamment que tous les corps qui tombent sous nos sens, ne sont autre chose que des assemblages formés par le concours de plusieurs masses plus petites, dont chacune peut se diviser encore en particules susceptibles elles-mêmes de division et de subdivision.

Lorsqu'en divisant une matiere autant qu'il nous est possible, nous n'appercevons rien que d'uniforme dans toutes les molécules qui la composent, nous lui donnons le nom de *simple* ; nous supposons que ses parties sont toutes d'une même nature, et nous les appellons *homogènes*, sans prétendre qu'elles le soient absolument, et jusqu'à ce que quelque découverte nouvelle en fasse un jour juger autrement.

Nous nommons au contraire *corps mixtes*, ceux dont les parties mises à

part ne se ressemblent point ; comme les plantes, les animaux et quantité de minéraux, où l'analyse fait voir que plusieurs matières essentiellement différentes (que l'on nomme *hétérogenes*) concourent à la composition d'un même tout.

Les molécules insensibles qui forment une masse continue, sont souvent jointes ensemble de maniere qu'il faut employer une force considérable pour les séparer : cette portion de matiere se nomme un corps *dur* ou *solide*. Cette dureté, qui n'est, à proprement parler, qu'une ténacité plus ou moins grande des parties, et qui n'est jamais parfaite dans les corps que nous connoissons, puisqu'elle cede toujours à une force finie; cette dureté, dis je, décroît jusqu'à la *fluidité*, c'est-à-dire, jusqu'à ce que l'adhérence naturelle des parties suffise à peine pour empêcher qu'elles n'obéissent librement à leur propre poids, quand il les sollicite à se mouvoir les unes sur les autres, et à changer la figure de leur tout. Enfin la fluidité qui commence où les corps cessent d'être regardés comme solides, aug-

I. LEÇON.

mente jusqu'à la *liquidité*, qui a elle-même des degrés : on appelle corps liquides ou liqueurs, ceux qui sont en cet état, où leurs parties ayant un mouvement libre les unes sur les autres, obéissent avec une indépendance mutuelle aux efforts de leur pesanteur, ou à la moindre force qu'on emploie pour les séparer; et leurs caracteres les plus distinctifs sont de n'avoir d'autre figure, que celle qu'on leur fait prendre dans les vaisseaux qui les contiennent, et de ranger leur plus haute surface dans un plan parallele à l'horizon. L'eau qui coule, par exemple, est une liqueur; la fumée qui s'éleve dans l'air, et qui change continuellement de forme, est un fluide; et la pierre que l'on taille à coups de marteaux, est un corps solide.

Nous nous contentons maintenant de définir ces différens états des corps naturels, parce que nous aurons occasion d'en parler plus amplement ailleurs en examinant leurs causes.

II. SECTION.

De la figure des Corps.

Tous les Corps ont une grandeur déterminée, non-seulement ceux dont les dimensions frappent nos sens, mais aussi les parties de ces mêmes Corps, à tel degré de ténuité qu'on les porte par la division, et sous tel ordre qu'on les considere. La petitesse n'est point une qualité absolue ; rien n'est petit que par comparaison à quelque chose de plus grand ; et quand on supposeroit le moindre de tous les Etres matériels, il surpassera toujours en grandeur chacune de ses deux moitiés.

La grandeur, ou (ce qui est la même chose) l'étendue plus ou moins grande d'un Corps, est toujours limitée par des surfaces qui renferment la quantité de matiere qui lui est propre : cette quantité de matiere se nomme sa *Masse*, et le plus ou le moins de surface non interrompue qui limite sa grandeur apparente, s'appelle son *Volume*.

I. LEÇON.

L'ordre ou l'arrangement que prennent entre elles les surfaces qui terminent le volume des Corps, est ce qu'on nomme leur *Figure*. Comme ces surfaces ne peuvent se confondre, et qu'elles se distinguent toujours par des situations relatives, il est évident que d'être figuré, est une propriété aussi commune à tous les Corps, que celle d'être solidement étendu, ou d'avoir plusieurs parties réellement distinguées.

Mais ces surfaces peuvent varier à l'infini par leur grandeur, leur nombre, leur arrangement respectifs : c'est pourquoi toutes les substances matérielles à qui il convient essentiellement d'avoir une figure en général, reçoivent celle-ci ou celle-là en particulier, et elles sont aussi variables et peut-être aussi variées entre elles, qu'il est possible de combiner ensemble la grandeur, le nombre et l'ordre des superficies.

Cette propriété qu'on pourroit nommer *Figurabilité*, s'étend à tous les corps d'une maniere si générale, qu'elle les accompagne dans toutes sortes d'états ; elle convient à ceux qui se

meuvent comme à ceux qui sont en repos; elle convient non-seulement aux solides, mais les fluides et les liqueurs ont aussi leur figure qui dépend des obstacles qu'on oppose à leur épanchement; la mer, les étangs, les rivieres sont figurées par leurs côtes et par leurs rivages; le vin, par son tonneau, la flamme et la fumée, par l'air qui les environne, etc.

Quant au premier coup-d'œil, deux Corps paroissent terminés de même, on dit alors qu'ils se ressemblent en figure : ainsi nous appellons cubes les dés d'un trictrac, parce qu'au premier aspect chacun d'eux se présente sous six faces égales; et nous appellons semblables deux soldats vêtus du même uniforme. Mais cette premiere ressemblance a des bornes fort étroites : elle ne s'étend qu'à certains caracteres généraux qui soutiennent à peine la premiere vue; un examen plus détaillé découvre bientôt une infinité de différences, jusques dans les individus de la derniere espece; de sorte qu'on pourroit dire avec juste raison, que dans toute la nature il est probable qu'il n'y a pas deux Etres

I. LEÇON.

parfaitement semblables, sur-tout si l'on joint à la variété de la figure celle de la couleur et du volume. Lorsque nous jettons les yeux sur un troupeau de moutons, ils nous paroissent tous se ressembler, parce que nous nous arrêtons aux premieres apparences; mais le berger à qui l'habitude a fait appercevoir des variétés, les distingue bien les uns des autres. Dans une foule de peuple nous ne trouvons pas deux visages semblables, et nous y distinguons entre dix mille les traits d'une personne que nous cherchons, par l'usage où nous sommes de voir des hommes, et d'apprendre à ne les point confondre.

Cette prodigieuse variété de figures multipliées sans fin pour ceux qui observent plus attentivement, ne convient-elle qu'aux grands Corps, c'est-à-dire, à ceux que nous pouvons voir et toucher sans aucun secours de l'art? ou bien convient-elle également aux molécules de ces mêmes Corps? s'étend-elle jusques à ceux qui échappent à nos yeux, que nous connoissons par d'autres sens, qui ne se font sentir que plusieurs ensemble,

et

et que le préjugé semble annoncer sans aucune figure, parce qu'ordinairement on n'est point instruit de celle qu'ils ont?

Cette question se trouve déjà décidée par la définition même que nous avons donnée de la figure en général. Car si ce n'est autre chose qu'un assemblage de surfaces qui terminent une certaine portion de matière, il est évident qu'un corps si petit qu'il puisse être, sera toujours terminé par des surfaces, et par conséquent figuré.

Quoique l'expérience ne puisse pas se prêter à toute l'étendue de ce raisonnement, et nous faire voir des figures par-tout où nous avons raison de croire qu'il y en a; cependant elle nous en montrera qui ont été long-tems ignorées, et que l'art a su découvrir depuis; et nous apprendrons par des exemples curieux, que nous ne devons pas chercher à concevoir sans figure les corps dans lesquels nos sens n'en découvrent point.

I. LEÇON.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

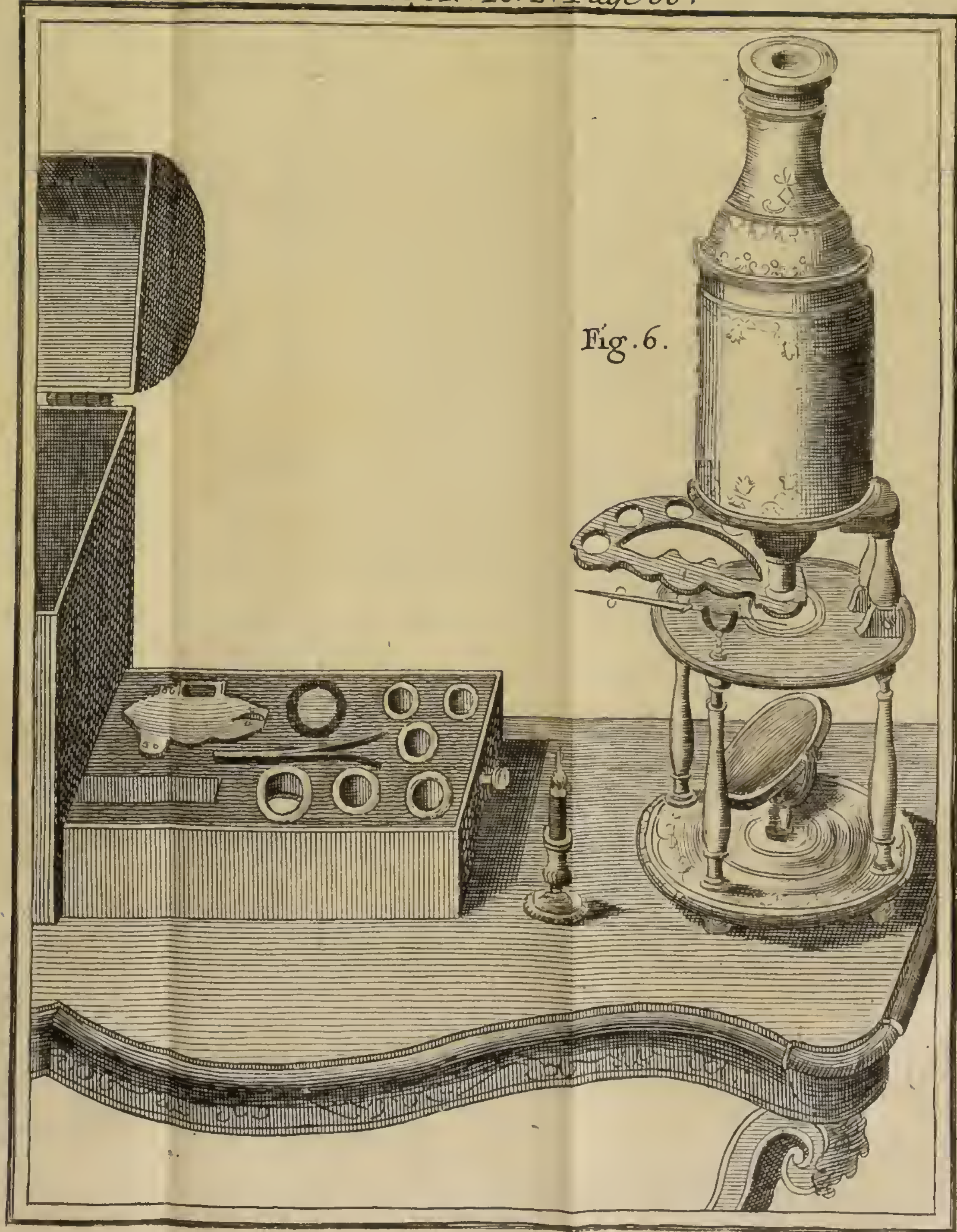
Ayant placé le microscope représenté par la *Figure* 6, au jour d'une fenêtre, ou, si c'est la nuit, devant la lumiere d'une bougie basse, de maniere que le miroir qui est dessous la platine, éclaire par réflexion le trou sur lequel tombe la lentille objective : on fait passer le premier verre du porte-objets sur lequel on a mis des grains de sable, et l'on fait descendre le corps du microscope jusqu'à ce qu'on rencontre le point de vue nécessaire.

EFFETS.

Ayant placé l'œil au-dessus et fort près de la premiere lentille oculaire, on apperçoit les grains de sable transparens comme des cristaux de la grosseur d'une muscade, anguleux et diversement taillés. *Figure* 7.

EXPLICATIONS.

Nous n'expliquerons rien ici des effets qui regardent directement l'optique, parce que nous en traiterons


Fig. 6.

ailleurs. Nous nous bornerons seulement à ceux qui ont rapport à la figure des Corps, dont il est présentement question.

Lorsque nous arrêtons la vue sur un grain de sable ordinaire, il paraît comme un point; l'œil confond ses dimensions; mais avec le secours du microscope, l'objet paraît plus grand; on y distingue aisément des lignes, des angles, des sinuosités, des contours, des surfaces, en un mot, une figure bien terminée, dont on apperçoit facilement les différences, quand on la compare à quelqu'autre.

APPLICATIONS.

Les grains de sable doivent être considérés comme autant de petits cristaux fort durs, préparés par la nature, et que l'art applique utilement à différens usages. Parce qu'ils sont petits et anguleux, on s'en sert commodément pour user ou nétoyer les métaux, ou tous autres corps encore plus durs, sur lesquels la lime ou le tranchant de l'acier ne trouve plus de prise : on les mouille en pareil cas, pour aider leur mobilité, et pour

I. LEÇON.

empêcher qu'en s'usant mutuellement, ils ne perdent avec leurs petits angles tranchans, la propriété qu'ils ont d'entamer les matières les plus solides.

La transparence du sable blanc le rend propre à d'autres usages : il est la base de tous les ouvrages de verre; le mêlange de quelques sels et l'action d'un feu très-violent, qui le divise et qui en sépare les saletés, met les parties en état de se lier et de former une pâte susceptible de toutes sortes de formes, et qui, en se refroidissant, prend de la consistance, sans cesser d'être diaphane.

II. EXPÉRIENCE.

Préparation.

Que l'on fasse passer sous la lentille le second verre du porte-objets sur lequel on a mis quelques gouttes d'eau salée qu'on a laissé sécher.

Effets.

En approchant l'œil du microscope, on apperçoit des molécules qui paraissent sous des figures sem-

blables, quand la préparation a été faite avec un même sel ; si on a employé, par exemple, celui qui vient de la mer et qu'on fait servir communément à l'usage des tables, ce qu'on apperçoit avec le microscope, ressemble à de petits cubes. *Fig.* 8.

EXPLICATIONS.

Les parties de ce sel que l'eau avait divisées, et qu'elle tenait en dissolution, se sont fixées sur le verre du porte-objets, pendant que la partie liquide s'est évaporée. Avant cette évaporation de l'eau, le secours du microscope ne suffit pas pour les rendre visibles, parce qu'alors elles sont encore trop divisées et trop minces pour être apperçues ; mais à mesure que la liqueur les abandonne, elles se rapprochent et elles forment des molécules d'un plus grand volume ; et quand bien même elles resteraient aussi petites qu'elles étaient dans l'eau, nous ferons voir ailleurs qu'à grandeurs égales, des corps diaphanes se voient mieux lorsqu'ils sont plongés dans l'air, que dans tout autre liquide transparent plus matériel.

I. LEÇON.

Chaque sel qui se cristallise, affecte ordinairement une figure qui lui est propre et qui dépend vraisemblablement de la figure même de ses moindres parties. Le sel marin, par exemple, forme des cubes, le salpêtre des aiguilles, le sucre des globules, &c. *Figures* 9 *et* 10.

APPLICATIONS.

L'uniformité des figures dans les molécules, n'est point une qualité particuliere aux sels; on en rencontre beaucoup d'autres exemples, sur-tout dans le genre minéral; le crystal de roche et la plupart des pierres transparentes paraissent assez souvent, en petit comme en grand, sous la forme de prisme ou de pyramide exagone; mais on n'en doit pas conclure du particulier au général, que les parties insensibles de tous les corps sont autant de petits modèles de ce qu'ils sont en plus grand volume.

Le sel, à cause de son extrême divisibilité et de la figure anguleuse et pointue de ses parties, s'insinue fort aisément dans les pores de toutes les matieres animales, végétales, so-

lides ou liquides ; et par cette raison on l'emploie avec succès pour les conserver. Car la corruption n'étant rien autre chose qu'un déplacement de parties, qui change l'état des molécules dans les corps mixtes ; tout ce qui pourra contenir ces parties dans l'ordre qu'elles ont reçu de la nature, empêchera nécessairement que les petits composés qui résultent de leur assemblage, ne soient altérés ; et au contraire tout ce qui donnera lieu au mouvement des moindres parties, occasionnera corruption. Or les particules salines, comme autant de coins, remplissent les petits vuides, soutiennent et appuient les particules solides, arrêtent les progrès de l'évaporation, et conservent au moins pour quelque temps l'état naturel. C'est ainsi que la chair des animaux, lorsqu'elle est salée, demeure plus longtems propre à nos usages ; et que les fruits confits dans le sucre se gardent pendant plusieurs années.

Cette prodigieuse variété de figures que l'on observe dans tous les Corps inanimés, et dans les petites masses qui les composent, n'est ni moins

grande, ni moins admirable dans le genre animal : le même instrument qui vient de nous faire voir les angles et les pointes des parties salines, nous découvre aussi un monde de petits êtres vivans, de petits insectes, que nous n'eussions peut-être jamais soupçonné d'exister, dont nous n'eussions certainement pas deviné les formes, et qu'on doit être curieux de connoître; c'est pourquoi j'ajouterai encore l'expérience suivante, pour achever de faire voir combien la nature a varié la figure des corps en tout genre.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On fait passer sous la lentille objective du microscope le troisième verre du porte-objets, sur lequel on a mis avec la pointe d'un cure-dent, une petite goutte d'une des liqueurs dont on va donner la préparation.

1.° Dans un vaisseau dont l'ouverture soit un peu large, il faut mettre et macérer avec de l'eau un peu de foin

haché, de la paille, des fleurs de différentes espèces et des parties de plantes quelconques, et l'exposer environ une semaine à l'air libre, mais à l'ombre pendant un tems chaud; ou bien, si l'on en a la commodité, on pourra, sans attendre, puiser un peu d'eau dans quelque mare aux endroits où il y a de la mousse verte on quelques autres plantes aquatiques.

I. LEÇON.

2.° Dans une fiole de verre qu'il faut tenir ouverte, il faut exposer de même du vinaigre commun.

3.° Dans un verre à boire ou dans quelque vase équivalent, il faut garder pendant quatre ou cinq jours de l'eau qui se trouve dans les écailles d'huîtres, lorsqu'on les ouvre.

EFFETS.

On apperçoit dans la première liqueur une infinité de petits animaux qui paraissent de différentes espèces, soit par leurs figures, soit par leurs façons de se mouvoir, qui sont extrêmement variées. Les uns, semblables à de petites boules *a*, s'élancent en ligne droite, et forment toujours des angles bien marqués, quand ils chan- *Fig.* 11.

I. LEÇON.

gent de direction, les autres *b*, plus allongés, et d'une forme ovale, ne font que tournoyer; plusieurs laissent appercevoir distinctement des pattes, une queue souvent fourchue, et des antennes; d'autres *c*, composés d'anneaux, se meuvent à la maniere des vers de terre ou comme les sang sues. On apperçoit à quelques-uns les principaux organes, et la circulation des humeurs; et pour peu qu'on observe avec attention, on découvre bientôt jusqu'à la cause finale de leurs mouvemens; car on en voit qui dévorent les autres, et l'on conçoit sans peine que les uns se meuvent pour joindre leur proie, et les autres pour éviter d'être pris.

Fig. 12. Dans le vinaigre qui a été exposé plusieurs jours à l'air par un temps doux, on voit des insectes qui par leur figure ressemblent beaucoup à de petites anguilles très-vives : il arrive très-rarement qu'on les trouve mêlés avec des animaux qu'on puisse juger d'une autre espece.

Fig. 13. L'eau des huîtres contient un nombre infini de petits animaux qui se ressemblent par la figure et par

la maniere de se mouvoir : la petite goutte dans laquelle ils nagent, paroît semblable à un bassin dans lequel on verrait fourmiller une quantité prodigieuse de carpes sans nageoires et sans queues ; la transparence de leur corps est telle qu'on apperçoit aisément les parties intérieures.

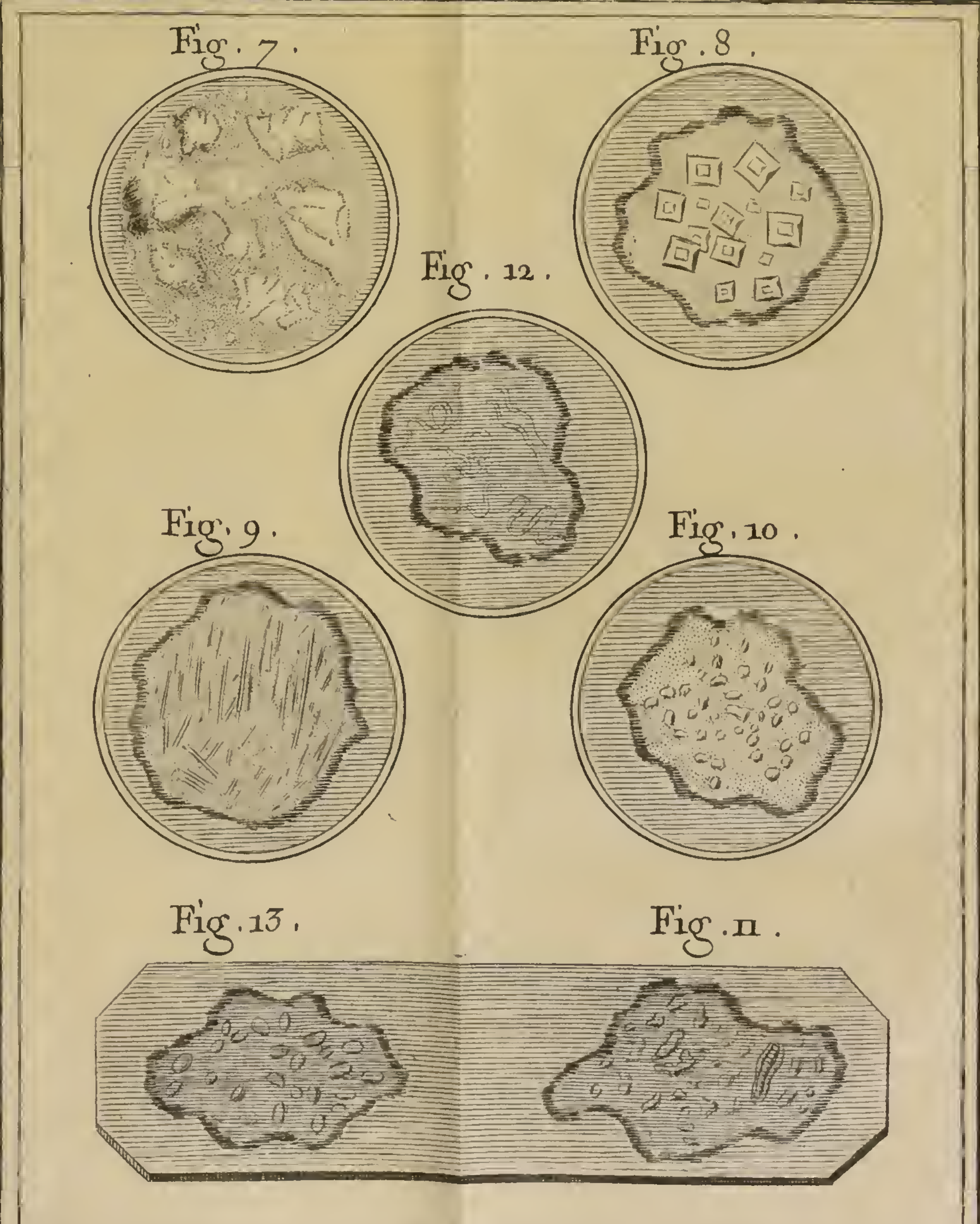
EXPLICATIONS.

La nature a varié la figure des plus petits animaux, autant et peut-être plus encore que celle des grands : mais dans ceux-là, comme dans ceux-ci, elle est uniforme et constante pour chaque espece. Ainsi le vinaigre préparé comme nous l'avons dit, fait voir des anguilles qui ne different que par la grandeur; et l'eau d'huîtres ne contient pour l'ordinaire que ces animaux dont nous avons parlé.

La premiere liqueur cependant en contient plusieurs qui ne se ressemblent ni par la figure, ni par la maniere de se mouvoir ; ce n'est point une raison pour conclure que la figure de ces petits êtres animés est

I. LEÇON.

un effet du hasard, et qu'une seule et même espece affecte indifféremment celle ci ou celle-là. Cette liqueur dont il s'agit, est une infusion ds plusieurs sortes de plantes, où différens animaux rencontrent leur nourriture; et l'eau commune qui en est la base, est un milieu qui peut convenir en même tems à ceux qui se nourrissent d'herbes, et à ceux qui sont voraces. Le brochet vit dans la même eau que la carpe, quoiqu'ils se nourrissent l'un et l'autre bien différemment; et l'histoire des insectes nous fournit nombre d'exemples qui ont un rapport bien plus direct et plus prochain avec cette supposition. Il n'en est pas tout à fait de même du vinaigre ou de l'eau d'huîtres: il est probable que ces deux liqueurs ne conviennent qu'à très-peu d'especes de ces petits animaux; et le milieu qu'ils habitent, les met vraisemblablement à l'abri de la poursuite des autres. J'ai essayé plusieurs fois de mettre ensemble des insectes d'eau douce avec ceux du vinaigre, ou avec ceux de l'eau des huîtres : les premiers ont toujours péri dans le premier instant.


Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 12.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 13.
Fig. 11.

APPLICATIONS.

Les insectes ont été regardés fort long-tems comme les enfans de la corruption et de la pourriture des autres corps. L'erreur des anciens, touchant leur origine, a été telle qu'ils ont cru pouvoir les faire naître artificiellement, en observant certains procédés dont ils ont même osé donner des recettes. Ce que le préjugé populaire avait établi, des philosophes ont tâché de le confirmer et d'en rendre raison ; et les systêmes que cette opinion a fait naître, ont trouvé des défenseurs jusque dans ces derniers tems. Mais l'hypothèse la plus ingénieuse peut-elle tenir contre des faits qu'il n'est plus permis d'ignorer ? Les naturalistes modernes mieux instruits qu'on ne l'était autrefois de l'histoire des insectes, leur ont donné une origine plus noble et plus vraie ; ils ont reconnu et constaté, par des observations qui ne laissent plus rien d'obscur, que la génération de ces petits animaux est aussi bien réglée, et d'une uniformité aussi constante

I. LEÇON.

pour chaque espece, que celle des lions, des chevaux, etc. Ils ont répondu par des expériences décisives à des apparences trompeuses et trop peu approfondies, sur lesquelles on appuyoit l'ancienne opinion. Telle matiere corrompue, disoit-on, fait voir des vers et des mouches; peut-on douter que ces animaux ne doivent leur existence à cette corruption? Comme si l'on pouvoit conclure qu'un cadavre de cheval engendre des corbeaux, parce qu'il arrive souvent qu'on y trouve de ces oiseaux voraces assemblés; ou qu'un pré fait naître des moutons, parce qu'on y rencontre des troupeaux qui paissent : on pardonneroit de le soupçonner à quiconque ne sauroit pas que les oiseaux font des nids pour perpétuer leur espece, et qu'un agneau vient d'une brebis. Si l'on peut en quelque façon excuser ceux qui les premiers ont été trompés par les apparences, parce qu'alors on n'étoit nullement instruit de la vraie maniere dont naissent ces petits animaux si différens des autres par leurs tailles et par leurs figures; présentement que l'on sait comment s'engen-

drent ceux qui sont assez visibles pour être observés, il n'est plus permis de penser que la nature, si conforme à elle-même, prenne d'autres voies pour multiplier ceux qu'une extrême petitesse permet à peine d'appercevoir avec le microscope, ni qu'elle abandonne au hasard le soin de les faire naître.

Il faut donc bien se garder de croire que les petites anguilles qu'on apperçoit dans le vinaigre, ainsi que les petits animaux qu'on observe dans les infusions des plantes, soient des partics putréfiées de ces végétaux, qui se convertissent en corps animés. L'expérience apprend que, si l'on tient les vaisseaux fermés, il ne s'y engendre rien; mais on doit penser que quand ils sont ouverts, les meres que l'air transporte de côté et d'autre, y vont déposer leurs œufs ou leurs vermisseaux, comme dans un lieu qui doit faciliter leur développement, fournir à leur nourriture, et les faire croître. Cette conjecture (si c'en est une), est solidement appuyée sur des exemples : combien d'especes de mouches voyons-nous aller placer leurs

I. LEÇON.

dont il est pénétré, et qu'il unit à sa masse.

Etre solide est une propriété non-seulement commune, mais même essentielle à tous les corps, soit qu'on les considere en tout, soit qu'on n'ait égard qu'à leurs parties les plus simples. C'est aussi le signe le moins équivoque de leur existence. Des illusions d'optique en imposent quelquefois à nos yeux : nous sommes tentés de prendre des fantômes pour des réalités : mais en touchant, nous nous assurons du vrai, par la persuasion intime où nous sommes que tout ce qui est corps est solide, capable par conséquent de résistance, et qu'on ne peut placer le doigt ou autre chose dans un lieu qui est occupé par une matiere quelconque, sans employer une force capable de la pousser ailleurs.

Toute résistance physique annonce donc une solidité réelle plus ou moins grande; c'est une vérité tellement avouée, que je ne crois pas qu'elle ait besoin d'autre preuve que l'habitude où l'on est de confondre les deux idées, quoiqu'à parler exactement,

l'une représente la cause, et l'autre l'effet. Mais il y a tel cas où l'une et l'autre (la solidité et la résistance) échappent à nos sens ou à notre attention. Certains corps nous touchent sans cesse, nous touchent partout également : l'habitude nous a rendu leur contact si familier, que nous avons besoin d'y réfléchir, pour reconnoître l'impression actuelle qu'ils font sur nous. Quand on agit dans un air calme, il est peu de personnes qui pensent qu'elles ont continuellement à vaincre la résistance d'un corps dont la solidité s'oppose à leurs mouvemens. Si l'on sortoit de l'atmosphere pour y rentrer, on sentiroit sans réflexion l'attouchement de l'air, comme on sent celui de l'eau quand on s'y plonge.

Ce qui fait encore que la solidité des fluides échappe à notre attention, c'est que leurs parties indépendantes les unes des autres, et d'une petitesse qui surpasse de beaucoup la délicatesse de nos sens, cedent au moindre de nos efforts, sur-tout quand elles sont en petite quantité; et nous ne pensons pas que nous

I. LEÇON.

agissons, quand nous agissons très-peu.

Puisque les fluides sont les seuls corps dont la solidité ait en quelque façon besoin d'être prouvée, et que la grande facilité qu'ils ont à céder, pourroit faire croire à ceux qui n'y feraient point assez d'attention, que ces sortes de corps sont incapables de résistance; nous les emploierons par préférence dans les expériences que nous appellerons en preuves, et nous choisirons l'air comme le moins solide de tous ceux qu'on peut retenir dans un vaisseau fermé, afin que sa solidité bien établie sur des faits, fasse conclure à plus forte raison la même chose pour tous les autres corps.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans un vase de crystal représenté par la *Figure* 14, on verse cinq ou six pintes d'eau bien claire, et l'on met flotter sur la surface de l'eau un petit morceau de liege *A*; on descend ensuite perpendiculairement le vase *B*, afin que l'air qu'il contient, ne puisse pas s'échapper.

EFFETS.

La partie de la surface de l'eau qui répond à l'ouverture du vaisseau *B*, s'abaisse à mesure qu'on le fait descendre; le petit morceau de liege qui flotte dessus, rend cet abaissement sensible, et fait voir qu'il n'entre point d'eau dans le vaisseau *B*.

EXPLICATION.

Le vaisseau *B* contient une colonne d'air qui remplit sa capacité, cette masse fluide, quoiqu'elle ait peu de densité, est pourtant composée de parties réellement solides qui ne peuvent être déplacées par un autre corps, à moins qu'on ne leur ouvre une nouvelle place qu'elles puissent aller occuper. Comme le vaisseau *B* est fermé de toutes parts, et que l'eau qui se présente à son ouverture est plus pesante que l'air, ce dernier fluide ne peut sortir du lieu où il est; et comme il est solide en ses parties, il se comporte à l'égard de l'eau qu'il rencontre, comme tout autre corps dont les parties seraient liées. Ainsi la surface de l'eau baisse autant qu'on

fait descendre le vase qui contient l'air ; ce qui devient évident par le petit morceau de liége qui flotte dessus.

Quoique l'air du vaisseau *B* s'oppose à l'eau qui fait effort pour y entrer, sa résistance n'est point telle qu'elle l'en exclue entiérement. Nous verrons ailleurs qu'une masse d'air est un corps flexible, et qu'elle peut se resserrer dans un plus petit volume quand on l'y force : nous ferons voir aussi qu'un corps plongé dans un fluide, y est d'autant plus pressé, qu'il y descend plus avant. Ces deux principes une fois supposés, expliquent fort bien pourquoi l'eau s'éleve un peu dans le vaisseau *B*, nonobstant la résistance de l'air ; ce qui arriveroit aussi en substituant à l'air toute autre matiere flexible et incapable de se mêler avec l'eau ; comme nous le prouverons en parlant de la compressibilité des corps. Mais quelque chose qui arrive, et à quelque profondeur que l'on porte le vaisseau *B*, jamais l'eau ne réduira le volume d'air à zéro pour occuper toute la place. Quand une fois l'effort qui se

fait à la base, aura rapproché les parties autant qu'elles peuvent l'être, il n'est point de force qui le resserre dans un plus petit espace; ce qui suffit pour prouver que ce fluide a, comme tous les autres corps, une solidité absolue.

APPLICATIONS.

Par l'expérience précédente, pour peu qu'on y pense, on apprend pourquoi l'on ne remplit point un pot ou tout autre vase semblable, quand on le plonge l'orifice en bas; par quelle raison l'entonnoir dont le canal remplit trop exactement le col d'une bouteille, n'est point propre à y introduire une liqueur; et ce qui oblige d'avoir recours à certaines voies extraordinaires, pour remplir des vaisseaux qui ne sont ouverts que par un très-petit canal, comme la cassolette de la 3.e *Exp.* 1.e *Sect.* Le préjugé ou l'habitude que nous avons de vivre dans l'air, nous fait regarder comme vuide tout ce qui n'est plein que de ce fluide; dans cette confiance mal fondée, nous croyons qu'une

I. LEÇON.

liqueur n'a qu'à se présenter de quelque façon que ce soit à l'ouverture d'un vase pour y trouver accès ; mais nous devrions faire attention que toutes ces capacités sont naturellement remplies d'air, comme elles seroient pleines d'eau, si elles avoient été fabriquées au fond d'un étang, et qu'elles n'en fussent jamais sorties : nous devrions penser de plus que l'air ayant de la solidité dans ses parties, on ne doit pas prétendre loger avec lui un autre corps dans le même lieu ; et qu'ainsi pour mettre de l'eau, du vin, etc. dans une bouteille, il faut que l'air puisse passer entre le col et l'entonnoir pour faire place à la liqueur. Mais quand ce col est tellement étroit, qu'il ne peut pas donner en même temps un passage libre à deux matieres qui coulent en sens contraire, c'est à-dire, à la liqueur qu'on veut faire entrer, et à l'air qui doit sortir, il faut que cela se fasse successivement. C'est pourquoi quand on veut introduire l'esprit de lavande dans la cassolette que nous avons citée, on commence par la chauffer ;

et

et quand l'action du feu a fait sortir une bonne partie de l'air qu'elle contenoit, on plonge le col dans la liqueur qui va prendre sa place. Nous ne considérons maintenant dans cet effet, que le déplacement d'un fluide qui doit précéder l'introduction d'un autre. Lorsque nous expliquerons les propriétés de l'air, nous ferons connoître comment un vase que l'on chauffe, perd une grande partie de l'air qu'il contient.

Nous avons dit pourquoi l'air ne peut point s'échapper du vaisseau *B* dans l'expérience précédente, c'est par la même raison qu'il demeure dans la cloche du plongeur, et qu'il fournit à sa respiration pendant quelque tems. C'est par la raison contraire que l'on puise commodément une liqueur dans un vase qu'on ne veut pas remuer, avec une espece de chalumeau renflé par le bas, comme il est représenté par la *Fig.* 15. Car, comme cet instrument est ouvert en *C*, l'air s'échappe par cette issue, à mesure que la liqueur s'introduit par l'orifice *D*; et l'expérience suivante apprendra comment on peut le trans-

I. LEÇON.

porter plein, en empruntant la résistance de l'air extérieur.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La *Fig.* 16 représente une espece de fontaine, dont le canal *EF* est ouvert de part et d'autre ; la partie *E* est élevée d'environ deux lignes au-dessus du fond du bassin *GH*, qui est percé au centre : on remplit d'eau le réservoir *IK*, jusqu'aux trois quarts ou environ.

EFFETS.

Cette fontaine coule à plusieurs reprises par les petits canaux 1, 2, 3, 4, tant que l'eau contenue dans le réservoir peut fournir à cet effet.

EXPLICATION.

Lorsque le canal *EF* est ouvert, il laisse un passage libre à l'air qui exerce intérieurement sa pression sur la surface de l'eau en *IK*. Il y a alors deux causes qui concourent à l'écou-

lement ; la pression de l'air intérieur, et le poids de l'eau. De ces deux causes, la premiere est contrebalancée par la résistance de l'air extérieur qui répond au bout de chacun des petits canaux 1, 2, 3, 4, et qui s'oppose par dehors à la chûte de l'eau avec une force égale à la pression qui la sollicite par dedans ; la seconde cause (le poids de l'eau), subsiste entiérement, et suffit pour la faire couler. Mais si le canal *EF* vient à se boucher, l'air intérieur cessant de presser la surface de l'eau en *IK*, laisse agir librement celui du dehors, dont la résistance l'emporte sur la pesanteur du liquide, et l'écoulement cesse. On se sert assez ingénieusement de l'eau même qui s'écoule, pour causer les intermittences. Comme elle ne peut sortir du bassin *GH* qui la reçoit, que par le trou qui est au centre, elle s'y trouve d'abord, et pendant quelque tems, en assez grande quantité pour noyer l'extrémité *E* du canal ; et ce n'est que quand elle est écoulée, qu'il se trouve ouvert de nouveau, et qu'il rend le passage à l'air.

I. LEÇON.

APPLICATIONS.

On trouve en différens lieux des sources intermittentes dont les écoulemens sont périodiques ; ces effets naturels qui se rencontrent assez ordinairement dans le voisinage des montagnes, dépendent bien souvent de plusieurs causes qui s'entr'aident pour la même fin ; mais comme les différentes explications qu'on en donne, sont la plupart fondées sur certaines propriétés de l'air que nous n'avons point encore fait connoître, nous différons de les rapporter, jusqu'à ce que l'ordre que nous nous sommes proposé dans cet ouvrage, nous ait donné lieu de traiter de ce fluide. Nous supposons seulement ici (ce qu'il a de commun avec tous les autres corps), qu'il est capable de résister et d'agir sur d'autres matieres ; et nous en trouvons des preuves, non-seulement dans les expériences que nous venons de citer, mais encore dans plusieurs effets que nos propres besoins nous mettent tous les jours sous les yeux.

La nécessité de tenir ouverte la partie *C* de l'instrument cité ci-dessus *, pour permettre à l'eau d'y entrer par l'extrémité *D*, ne laisse point ignorer la résistance de l'air qui resteroit enfermé. Mais quand on veut transporter la liqueur qu'on a puisée, c'est encore par une semblable résistance employée en dehors, qu'on en vient à bout. En fermant avec le doigt la partie *c* du canal, on donne lieu à l'air extérieur d'opposer toute sa force en *d* à la chûte du liquide renfermé. Les lampes et les encriers dont les réservoirs sont des bouteilles renversées, comme le représente la *Fig.* 17, ne sont encore que des exemples variés des mêmes effets. Si l'on faisoit la moindre petite ouverture en la partie supérieure *L* du vase, la liqueur se trouveroit alors entre deux puissances égales; car l'air qui résisteroit en *M*, ne feroit qu'équilibre à celui qui presseroit par *L*, et l'huile ou l'encre obéiroit librement à sa pesanteur, qui ne lui permettroit pas de rester suspendue au-dessus de son niveau. Mais tant que le réservoir est fermé par le haut, l'air qui s'oppose

* *Fig.* 15.

I. LEÇON.

en *M*, a des forces suffisantes pour soutenir la liqueur. Un tonneau plein, quoique ouvert par un trou de vrille, trompe encore l'attente de celui qui l'a percé, s'il oublie de lui donner de l'air par le haut. C'est encore par la même cause, qu'une bouteille bien bouchée par le col, au fond de laquelle on a fait secrétement un trou, inonde et surprend beaucoup celui à qui on la donne à déboucher.

La solidité des corps se nomme aussi *Impénétrabilité*; mais ce terme a besoin d'être expliqué pour prévenir des objections tirées de certaines expériences, par lesquelles il paroît que plusieurs matieres mêlées ensemble confondent leurs grandeurs, et se pénetrent mutuellement : une éponge, par exemple, reçoit intérieurement une quantité d'eau qui semble perdre son propre volume, puisque celui sous lequel elle se trouve renfermée après cette espece de pénétration, n'en est point sensiblement augmenté; un vaisseau plein de cendres ou de sable admet encore une grande quantité de liqueur : et parties égales d'esprit-de-vin et d'eau mêlées dans le

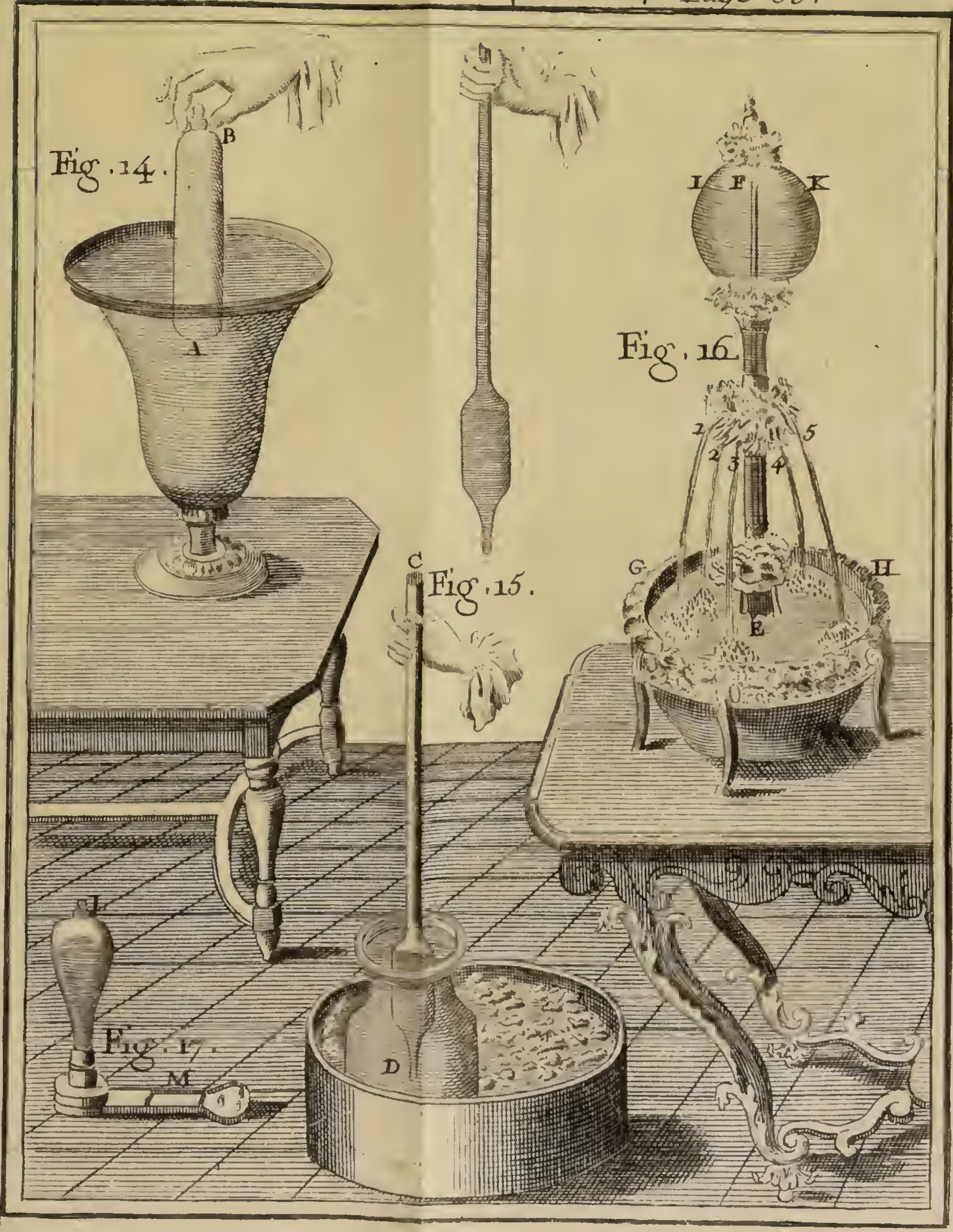
même vase, y tiennent moins de place qu'elles n'en occupoient avant le mêlange : la matiere est-elle donc pénétrable ? ou si elle ne l'est pas, dans quel sens faut-il entendre son impénétrabilité ?

C'est qu'il faut soigneusement distinguer la grandeur apparente des corps, de leur solidité réelle. Les parties indivisibles (s'il y en a) sont absolument impénétrables. Celles même d'un ordre inférieur, qui commencent à être composées, ne sont encore vraisemblablement jamais pénétrées par aucune matiere; en un mot, il y a dans tous les corps, quels qu'ils puissent être, une certaine quantité de parties qui occupent seules les places qu'elles ont, et qui en excluent nécessairement tout autre corps. Mais ces parties solides et impénétrables qui font proprement la vraie matiere de ces corps, ne sont pas tellement jointes ensemble, qu'elles ne laissent entre elles des espaces qui sont vuides, ou qui sont pleins d'une autre matiere qui n'a aucune liaison avec le reste, et qui cede sa place à tout ce qui se présente

I. LEÇON.

pour l'en exclure : en admettant ces petits interstices dont nous prouverons l'existence dans la Leçon suivante, on conçoit très-facilement que l'impénétrabilité des corps doit s'entendre seulement des parties solides qui se trouvent liées ensemble dans le même tout, et non pas du composé qui en résulte.




Fig. 14.
B
A
Fig. 15.
C
D
Fig. 16.
I
F
K
1
2
3
4
5
G
H
E
Fig. 17.
L
M



II. LEÇON.

De la porosité, Compressibilité et Elasticité des Corps.

PREMIERE SECTION.

De la Porosité.

LA porosité des corps n'est autre chose que le vuide qui se trouve entre leurs parties solides; et par ce mot de *vuide* nous ne prétendons pas faire entendre des espaces privés de toute matiere : il est indubitable que la plus grande partie de ces interstices loge des fluides dont la présence se manifeste par mille preuves. Quand je plonge dans l'eau une éponge seche, ou une pierre tendre, j'en vois sortir beaucoup d'air, à mesure que l'eau y pénetre : et quand je fais sécher des matieres humides, elles deviennent plus légeres à mesure

II. LEÇON.

II. LEÇON.

qu'elles perdent par l'évaporation, ce que leur porosité avoit admis. Ces corpuscules étrangers ne remplissent que les plus grands vuides : la matiere du feu, celle de la lumiere que nous voyons passer dans des corps impénétrables à l'air, à l'eau, etc. ne nous permettent point de douter qu'il n'y ait des pores d'un autre ordre, qui se remplissent de ces fluides beaucoup moins grossiers que les autres ; mais quand on considere la matiere propre d'un corps, c'est toujours en faisant abstraction de toutes ces parties étrangeres qui suivent d'autres lois, et qui ne participent point à ses affections. On peut croire aussi qu'après ces premiers vuides, qui n'en sont point à proprement parler, puisqu'ils sont pleins d'une autre matiere, il en est d'autres plus petits et qui le sont au sens littéral. La liberté requise pour les mouvemens semble l'exiger ; mais s'il existent dans la nature, ils ne sont point susceptibles d'aucune preuve d'expérience. En exceptant donc seulement les parties simples et primordiales des corps, nous établissons comme une proposition générale, que

tout ce qui est composé de parties matérielles est poreux, les corps durs comme les liqueurs, ceux qui sont organisés comme ceux qui ne le sont pas; et s'il y a quelque différence dans les uns et dans les autres, ce n'est que par la grandeur, par le nombre, par la figure ou par l'arrangement des pores.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

Préparation.

La *Figure premiere* représente une machine pneumatique, sur la platine de laquelle on a établi un canon de verre *NO*, terminé en haut par un vase de bois de chêne *P*, qui a été creusé selon le fil du bois, et dont le fond est épais d'environ trois lignes; on met de l'eau dans ce vase, et l'on fait agir la pompe.

Effets.

Après quelques coups de piston, l'eau contenue dans le vase de bois passe à travers le fond, et tombe par gouttes dans le canon de verre; le bois s'étend, et quelquefois le vaisseau se fend.

II. Leçon.

Explications.

La machine pneumatique est un instrument qui sert à pomper l'aïr qui est renfermé dans un vaisseau. Nous nous abstiendrons de rien dire ici de sa construction et de ses différens usages, parce que c'est une chose étrangère à notre objet présent, et qui trouvera naturellement sa place dans les leçons qui traiteront des propriétés de l'air. Il nous suffira de dire ici qu'en faisant agir la pompe de cette machine dans l'expérience précédente, on peut oter l'air qui est contenu dans le canon de verre *NO*.

Un morceau de bois considéré selon sa longueur, est un assemblage ou un faisceau de petites fibres renfermées sous l'écorce qui leur sert d'enveloppe commune. On peut s'en faire une idée (fort grossiere à la vérité), en se représentant une botte d'alumettes couvertes d'un fourreau. Quelque menues que puissent être ces fibres ligneuses, elles ne s'approchent jamais de maniere qu'elles ne laissent entre elles des interstices qui forment autant de petits canaux. En creusant le vase

de l'expérience précédente, on a réduit la longueur de ces canaux à l'épaisseur du fond, qui n'est que de deux ou trois lignes; ainsi l'on peut considérer ce fond comme un crible ouvert par une infinité de petits trous qui passent d'une surface a l'autre; cependant les pores du bois de chêne sont si petits, que l'eau dont on remplit le vaisseau, aidée de son seul poids, ne peut se faire jour à travers. Il faut emprunter une force étrangere qui la mette en état d'aggrandir les passages et de pénétrer; on se sert ici de la pression de l'air extérieur, qui agit toujours sur la surface de l'eau, mais qui ne peut avoir son effet que quand on diminue ou qu'on fait cesser la résistance de celui qui est renfermé dans le canon de verre, et qui lui fait équilibre, tant qu'il y reste; ainsi après quelques coups de piston, l'eau poussée par dehors n'étant plus soutenue par dedans *NO*, se filtre à travers le fond du vase de bois, et s'amasse en gouttes qui forment en tombant une espece de pluie.

Les pores n'ont pas pu s'aggrandir, que les parties solides du bois ne se

II. LEÇON.

soient écartées les unes des autres, et que la surface ne se soit étendue; mais si la circonférence que l'eau pénetre moins, ne s'étend pas proportionnellement autant que le milieu, le fond du vase deviendra courbe, ou le vase lui-même s'ouvrira par quelque fente.

APPLICATIONS.

Les bois qu'on nomme *tendres*, (parce qu'étant plus poreux que les autres, ils sont plus aisés à couper,) lorsque leur surface n'est enduite d'aucune matiere grasse, deviennent humides, quand ils sont plus secs que l'air qui les touche; ou bien ils perdent une partie de leur humidité, s'ils sont dans un air qui en ait moins qu'eux : parce qu'il est de la nature des fluides de s'étendre par-tout avec égalité; et comme l'état de l'atmosphere varie sans cesse, les bois, ainsi que tous les corps spongieux, souffrent continuellement des alternatives d'humidité et de sécheresse; ce qui cause des variations dans leurs volumes; les surfaces augmentent d'étendue dans un tems, dans un autre elles dimi-

nuent. C'est par cette raison que les charpentes dans les bâtimens neufs, que les cloisons de sapin, que les lambris et autres ouvrages de menuiserie, qui n'ont point été faits avec des bois long-tems gardés à couvert, se fendent souvent avec éclat, et que les assemblages perdent leur justesse et leur solidité; qu'une fenêtre qui se ferme aisément dans un tems, se trouve trop large dans un autre, et peut à peine rentrer en place, qu'un tonneau entr'ouvert se raccommode en restant dans l'eau, &c. Car tous ces effets ne sont autre chose que des dimensions augmentées par l'humidité, ou diminuées par la sécheresse.

Ces sortes de désordres ne seroient pas à beaucoup près aussi considérables qu'ils sont, si la diminution ou l'augmentation des surfaces se faisoit également par-tout et en même tems; dans les ouvrages qui sont d'une seule piece, ou qui sont assemblés à colle, il n'arriveroit qu'un changement de grandeur, qui seroit souvent d'une légere conséquence : mais parce qu'un côté devient humide et plus grand, pendant que l'autre reste sec et sans

diminution, il s'ensuit des gerçures, des courbures, des difformités. C'est ainsi qu'un lambris se creuse en dehors, quand la surface qui touche un mur humide, demeure plus étendue que l'autre; et qu'une porte se déjette, quand les pieces qui la composent, ne sont pas également susceptibles ou exemptes des impressions de l'air.

L'usage des peintures à l'huile et des vernis remédie assez bien à ces sortes d'inconvéniens : en bouchant ainsi les pores du bois avec une matiere qui n'est point pénétrable à l'eau, non-seulement on empêche l'humidité d'y entrer, mais aussi celle qui s'y trouve renfermée dans le temps qu'on finit l'ouvrage, n'en peut plus sortir; et c'est un moyen de conserver un état constant aux choses qui n'en peuvent changer que par le sec ou par l'humide.

C'est une chose admirable que des parcelles d'eau qui s'insinuent dans un corps solide, puissent ainsi par leurs petites forces multipliées, augmenter son étendue, nonobstant les résistances énormes qui font effort quelquefois pour le retenir dans ses dimen-

sions. On a vu des cables mouillés à dessein, se gonfler aux dépens de leur longueur, et faire approcher du point fixe où ils étoient attachés des masses prodigieuses. Une semblable expérience et qui n'est pas moins digne d'attention, se passe tous les jours sous des yeux qui n'en remarquent pas tout le beau, dans les carrieres où l'on taille les meules de moulin. Ces sortes de pierres sont fort dures, et l'on n'est point dans l'usage de les scier. On en choisit un bloc que l'on façonne en forme de cylindre d'un diametre convenable. Tandis qu'il repose sur sa base, on le partage par des tranchées circulaires et paralleles, à telle distance l'une de l'autre qu'il se trouve entre elles de quoi faire autant de meules : mais comme ces tranchées ne peuvent pas aller jusqu'à l'axe du cylindre, il reste un noyau qu'il faut rompre à chaque tranche qu'on veut détacher; pour cet effet on remplit tout ce qu'on a creusé avec des coins de bois tendre et bien séchés, dont on augmente ensuite le volume en les mouillant par aspersion ou autrement.

Ce qu'il y a de merveilleux dans

II. LEÇON.

cette pratique, c'est que ni le poids, ni la dureté d'une telle pierre, ne puissent empêcher l'humidité d'avoir son effet sur le bois, et que par un moyen si simple et si peu puissant en apparence, elle se sépare de la masse dont elle fait partie (*).

II. EXPÉRIENCE.

Préparation.

En place du canon de verre de l'expérience précédente, on met celui qui est représenté par la *Figure* 2. Il est garni par le haut, d'un flacon de crystal, dont le fond est de cuir de buffle, et dans lequel on a mis du mercure jusqu'à la hauteur de deux doigts ou environ.

Effets.

Au premier coup de piston, le mercure passe à travers le cuir, et tombe dans le tube par petits globules qui imitent une pluie d'argent.

(*) Quoique plusieurs bons Auteurs aient fait mention de cette pratique, il faut convenir qu'elle n'est point en usage dans tous les endroits où l'on fait des meules; j'ai appris que celles des environs de Jouarre ne se détachent point ainsi.

EXPLICATIONS.

La peau de buffle qui sert de fond au flacon, est comme celle de tous les autres animaux, très-poreuse; le mercure qui repose dessus, n'est pas en assez grande quantité pour forcer le passage par son propre poids; mais quand on y joint la pression de l'air extérieur, comme dans la premiere expérience, alors ses petits globules se font jour, et imitent en tombant, une pluie d'argent, par leur nombre et par leur couleur.

APPLICATIONS.

La vie des animaux s'entretient par les alimens; mais de tout ce qu'ils prennent par forme de nourriture, la nature n'en emploie qu'une très-petite partie à la substance du corps qui les digere: quand elle a fait son extrait, et qu'elle l'a placé selon ses vues, elle a des voies par lesquelles elle sait se débarrasser du superflu: on croiroit volontiers que les évacuations le plus vulgairement connues sont aussi celles qui emportent la plus grande quantité de ces substances

excédentes, mais il en est d'autres qu'on apperçoit moins et qui operent davantage, parce qu'elles se font continuellement. Ce qu'on appelle *transpiration*, n'est autre chose qu'une évaporation d'humeurs surabondantes qui se fait en plus grande partie par les pores de la peau : si elle est telle qu'elle rende la surface du corps notablement humide, elle se nomme transpiration sensible, ou vulgairement *sueur* ; et cet état n'est pas naturel, il suppose un exercice violent ou quelqu'agitation extraordinaire dans les parties internes ; mais l'animal le plus tranquille, et qui se porte le mieux, n'est pas un instant sans transpirer d'une maniere peu sensible à la vérité, mais si efficaçe à la longue, que selon les expériences de Sanctorius, de M. Dodart et de quelques autres personnages qui les ont faites avec soin, la transpiration insensible enleve les 5 huitiemes de ce que nous mangeons et buvons en 24 heures.

On ne doit donc pas être surpris du dépérissement et de la défaillance de ceux qui sont trop long-temps sans manger, ou qui ne prennent

que des substances peu capables de fournir à la réparation de celles qui se perdent continuellement par la transpiration : mais on a raison de l'être, quand on voit des léthargiques et certains animaux, comme les marmottes, les loirs, etc. vivre plusieurs mois endormis, sans prendre aucun aliment.

Ceux qui ont vu des corps vivans et endormis de cette sorte, ont dû s'appercevoir que leur état ressemble bien plus à un engourdissement général répandu dans toute l'habitude du corps, qu'au sommeil naturel et commun. Dans un animal qui n'est simplement qu'endormi selon le cours ordinaire de la nature, la respiration est sensible et fréquente ; la chaleur et la mollesse des membres témoignent que les humeurs se meuvent et circulent avec liberté ; il n'y a pour ainsi dire qu'un pas à faire de ce sommeil au réveil ; ainsi la transpiration continue, parce que ses causes sont à peu-près les mêmes : mais dans un léthargique, ce n'est pas la même chose, tout est dans une inaction presqu'entiere ; il ne differe d'un mort que par un reste de mouvement qui se laisse

II. LEÇON.

à peine appercevoir, et qui le plus souvent ne se ranime plus ; ou s'il se ranime enfin, l'extrême maigreur et la grande foiblesse du malade marquent bien à son réveil la perte qu'il a faite de sa substance par une transpiration plus lente, mais trop longue. J'ai observé quelquefois de ces especes de rats qu'on nomme *loirs* ; l'engourdissement où ils étoient, leur rendoit les membres aussi roides que s'ils eusent été morts ; à peine paroissoient-ils plus chauds que la muraille d'où on les avoit tirés ; presque aucun signe de mouvement interne, et une difficulté pour les éveiller qui permettoit de les agiter de toute maniere, et même de leur faire des blessures. Dans un tel état, l'animal fait bien peu de dissipation ; il peut donc se soutenir quelque temps sans nourriture, et ce tems où il vit ainsi, est toujours celui de toute l'année où la transpiration est moins abondante, c'est-à-dire pendant le froid.

Dans les grandes chaleurs de l'été on transpire davantage, et d'ordinaire on mange moins que dans toute autre saison ; les parties de l'estomac desti-

nées à faire la digestion des alimens, se relâchent justement lorsqu'il seroit le plus nécessaire qu'elles exerçassent leurs fonctions : les animaux sont alors moins vigoureux, parce qu'ils perdent plus et qu'ils réparent moins qu'en tout autre temps : l'appétit et le besoin de manger ne sont point la même chose.

Si la peau des animaux a des pores qui transmettent les humeurs du dedans au dehors, elle en a aussi qui permettent le passage à des matieres qui agissent du dehors au dedans ; la Médecine applique extérieurement des remedes qui portent leurs effets jusqu'aux parties les plus internes, et qui ne permettent point de douter de cette derniere espece de porosité.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATIONS.

On met un œuf dans un gobelet de verre plein d'eau claire, que l'on couvre d'un récipient, sur la platine de la machine pneumatique, comme il est représenté par la *Fig.* 3.

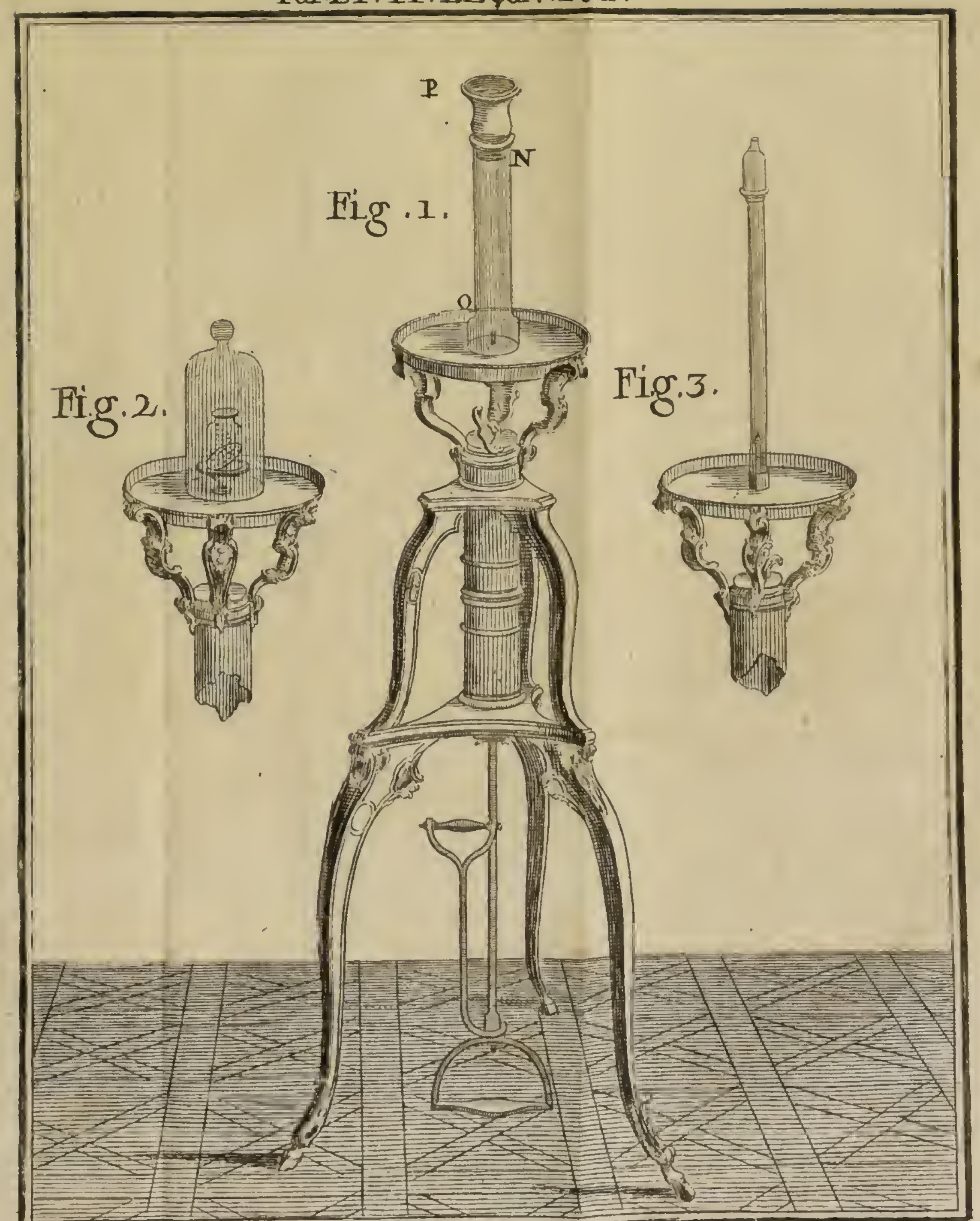
II. LEÇON.

Effets.

Quand on fait agir la pompe pour oter une partie de l'air qui est dans le récipient, toute la surface de l'œuf se couvre de petites bulles d'air qui se détachent peu-à-peu, pour gagner la surface de l'eau ; et à certains endroits de l'œuf on remarque de petits jets d'air qui sont formés par une suite continuelle de globules.

Explications.

La coque d'un œuf est poreuse, et par cette raison, il s'évapore en peu de jours une partie de sa substance, qui est bientôt remplacée par l'air qui l'environne. Cet air contenu dans l'œuf, n'en sort point tant qu'il est retenu par la pression de l'atmosphere; mais quand on diminue ou qu'on fait cesser cette pression, comme il arrive dès qu'on ote l'air qui est dans le récipient, et qui presse l'eau contre toute la surface de l'œuf, aussitôt l'air intérieur, par une propriété que nous expliquerons dans son temps, fait effort pour passer au dehors, et montre en sortant les pores de la coque


P
N
Fig.1.
O
Fig.2.
Fig.3.

coque par lesquels il y était entré. La plupart de ces pores sont si petits, que l'air n'y passe qu'en parties insensibles ; mais l'adhérence mutuelle de ces particules les retient, jusqu'à ce que le volume augmenté par un assez grand nombre, soit forcé de s'élever à la surface de l'eau, par la différence qu'il y à entre les pesanteurs spécifiques des deux fluides.

La porosité n'est point égale partout ; il y a des endroits où ces petits passages sont plus ouverts, et par lesquels l'air passe assez librement, et en assez grande quantité, pour obéir tout d'un coup à sa légéreté respective; c'est ce qui donne lieu à ces petits jets qu'on remarque en différens endroits. L'eau que l'on met dans le gobelet, et dans laquelle l'œuf doit être entiérement plongé, ne sert que pour faire appercevoir les bulles d'air qui sortent de la coque, et qu'on ne pourrait pas remarquer, si elles passaient immédiatement dans l'air du recipient.

APPLICATIONS.

Les œufs qu'on nomme *frais*, sont ceux qui n'ont point encore perdu

II. LEÇON.

cette partie qu'on nomme *le lait*, et qu'on trouve d'abord en les ouvrant, quand ils ne sont point trop cuits : ainsi, sans avoir égard à la date, on pourroit nommer de même ceux qui seroient pondus depuis plusieurs jours mais à qui l'on auroit épargné cette dissipation de substance, qui n'est qu'un effet de l'évaporation qui se fait assez promptement par les pores de la coque. Non-seulement c'est une chose curieuse de conserver frais par leurs qualités, de sœufs qui sont vieux par le temps; mais il y a un avantage réel à se procurer toujours en bon état un aliment qui devient souvent équivoque, quand il est gardé. Dans les voyages de mer, et dans les saisons où les poules ne pondent point, ou très-rarement, c'est une véritable ressource qu'une provision d'œufs qui sont aussi bons que s'ils étaient nouvellement pondus. Feu M. de Réaumur qui ne bornoit jamais ses recherches à des spéculations de simple curiosité, nous en a offert un moyen qui paroît aussi simple et plus sûr que tous ceux qu'on avoit imaginés avant lui. Il conseilloit de boucher les pores

de l'œuf avec un enduit indissoluble à l'eau, et qui ait quelque consistance, afin que ce qui fait effort pour transpirer du dedans au-dehors de l'œuf, ne puisse pas fondre ce qui se sera moulé dans les pores comme autant de petits bouchons. Deux ou trois couches de vernis le plus commun, une légere couverture de graisse de mouton, ou de cire chauffée seulement jusqu'à liquidité, sont des moyens qui réussissent également; et je puis dire, d'après ma propre expérience, qu'un œuf ainsi gardé cinq ou six mois, fait encore le lait, et n'a pas le moindre mauvais goût. Cependant quand on les veut garder plus surement, et pendant plusieurs mois, il faut choisir des œufs qui n'aient point été fécondés, autrement le germe étouffé sous le vernis ne manquera pas d'en corrompre une partie.

Les œufs vernis ou enduits, comme on vient de le dire, n'ont pas seulement l'avantage de se conserver bons, pour être mangés comme frais, ils ont encore celui de pouvoir être couvés en toute sûreté, pourvu qu'on n'attende pas au-delà de cinq ou six

semaines ; c'est donc un nouveau moyen pour tenter d'élever des oiseaux étrangers, qu'on ne peut transporter vivans qu'avec beaucoup de peine et d'embarras, et qui pour l'ordinaire ne s'accouplent point hors de leur pays. Leurs œufs vernis se transporteront aisément, seront propres à être couvés après le transport ; et l'on sait qu'une espece couve les œufs d'une autre : une poule fait éclore des canards, des faisans, etc. Mais en pareil cas il ne faut pas oublier de préférer le vernis à tout autre enduit qui s'appliqueroit chaud, et qui pourroit tuer le germe ; non plus que d'ôter le vernis même qui couvre la coque, quand il s'agit de mettre les œufs sous l'oiseau qui les doit couver. Cette transpiration qu'on avoit intérêt d'arrêter jusqu'alors, devient nécessaire pendant l'incubation ; et ce sont encore deux faits également constatés par les expériences de M. de Réaumur ; 1.° qu'un œuf verni demeure en vain sous l'oiseau qui couve : 2.° que celui qui a été enduit, et qui ne l'est plus, se couve, et vient à bien, comme s'il ne l'avoit jamais été.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Sur un morceau de papier blanc ; on écrit, ou l'on dessine ce que l'on veut, avec une liqueur claire et sans couleur, qui est préparée avec du vinaigre distillé et de la litharge ; on met ce papier, qui ne porte aucune marque d'écriture, quand il est sec, dans les premieres feuilles d'un livre qui a 400 ou 500 pages ; on étend ensuite avec une petite éponge sur la derniere feuille du livre, une autre liqueur qui n'est pas plus colorée que la premiere, et qui est une préparation faite avec de l'orpiment, la chaux vive et l'eau commune : et l'on tient le livre fermé pendant trois ou quatre minutes. *Fig.* 4.

EFFETS.

Quand on retire le papier qu'on avoit mis dans le livre, on trouve coloré d'un brun noir tout ce qu'on y avoit écrit ou dessiné avec la premiere liqueur ; et l'on ne rencontre aucune marque semblable dans tout le reste du livre.

II. LEÇON.

EXPLICATIONS.

Ces deux liqueurs que l'usage a fait nommer *encres de sympathie*, sont de telle nature, que par-tout où elles se rencontrent, leur mêlange paroît sous une couleur qu'elles n'avoient ni l'une ni l'autre, avant que de se joindre. C'est un effet qui leur est commun avec plusieurs autres liqueurs, et dont nous essayerons de rendre raison, en parlant de la lumière et des couleurs. La derniere de ces deux liqueurs exhale une vapeur fort pénétrante qu'on apperçoit à l'odeur, et qui passe à travers les feuillets du livre en très-peu de temps. Or, la vapeur d'une liqueur, c'est la liqueur même divisée en très-petites parties, et dans cet état elle est également propre à s'unir avec ce qu'on a étendu de la premiere sur le papier blanc ; il s'y fait donc un mêlange des deux, qui paroît sous la couleur qu'elles doivent faire naître toutes les fois qu'elles se joignent ensemble ; et comme cette couleur dépend absolument de l'union des deux, la vapeur, en pénétrant le livre, n'a dû laisser aucune

trace de son passage, puisqu'on suppose que les feuilles ne portoient rien de la premiere liqueur.

APPLICATIONS.

Depuis qu'on a banni de la Physique toutes ces qualités occultes avec lesquelles on répondoit à tout, mais qui au fond ne rendoient raison de rien à quiconque vouloit des idées claires et distinctes, on ne doit plus recevoir la *sympathie* et l'*antipathie*, comme les causes d'aucun phénomene, à moins qu'on ne prenne ces mots par abréviation, pour l'action mécanique d'un corps sur un autre, comme quand on dit *tel remede*, ou *tel aliment*, *est ami de la poitrine*, *de l'estomac*, etc. façon de parler, pour dire qu'on en doit attendre un bon effet, et pour ne point expliquer en détail comment se passe cette action qui conserve ou qui répare. Mais si quelqu'un, pour rendre raison de l'expérience précédente, avoit dit : la seconde liqueur fait paraître la premiere, parce qu'elle sympathise avec elle, il n'auroit rien dit pour ceux qui veulent une explication intelligible ; on exigeroit de lui qu'il fît con-

II. LEÇON.

noître en particulier, ou au moins en général, en quoi consiste cette sympathie ; ses raisons ne se feroient goûter que quand il les établiroit sur des principes connus : car s'il supposait dans son explication quelque chose de nouveau en Physique, il faudroit encore qu'il le prouvât, sans quoi ce ne seroit qu'une hypothese qui n'auroit nulle force.

Ce qui fait recourir aux sympathies ou aux antipathies, pour expliquer certains faits, c'est ordinairement la difficulté qu'on trouve à les accorder avec les loix ordinaires et communes de la nature ; mais ceux qui en usent ainsi, sont souvent bien peu informés de ces loix, et de l'usage qu'on peut faire de leur connoissance. Un homme instruit sait que les propriétés que nous connoissons dans les corps, sont en bien petit nombre, mais qu'elles sont très-fécondes dans leurs applications ; elles se montrent par tant d'endroits différens, qu'il a peine à se persuader de les trouver jamais en défaut ; sans se flatter de les connoître toutes, il ne se permet pas légérement la liberté d'en imaginer

de nouvelles; il aime mieux croire qu'il ne les voit pas toujours où elles sont, et que ce qu'il n'apperçoit pas est réservé à un génie plus heureux ou plus clairvoyant.

Mais (il faut l'avouer) les faits sont inexplicables très-souvent, parce qu'ils sont faux ou exagérés; et c'est agir prudemment que de les constater avant que de faire les frais d'une explication. Ceux qui les racontent ont cru voir ce qu'ils n'ont point vu, faute de discernement et d'attention; ou bien ils les redisent d'après des gens intéressés ou de mauvaise foi : si la crédulité, l'amour du merveilleux, vient encore à l'appui de l'ignorance et de la prévention, on recoit comme faits constans toutes les imaginations creuses et puériles qui se présentent, et toutes les exagérations qui se transmettent de bouche en bouche, et qui s'accréditent par le temps et par l'autorité de quelqu'un à qui l'on suppose des lumieres qu'il n'a pas. Je ne parle point de l'impossibilité prétendue d'accorder sur un instrument deux cordes, dontl 'une seroit de boyaux de mouton, et l'autre de boyaux de

II. LEÇON.

loup ; du danger imaginaire de jetter dans le feu de l'urine ou du sang ; de la guérison qu'on attend de certains fruits qu'on porte dans sa poche, ou qu'on jette dans un puits ; et d'une infinité d'autres remedes, ou préservatifs semblables, dont tout le monde sent le ridicule, et qui ne s'appuient d'aucune expérience qu'on puisse citer.

Mais qui est-ce qui n'a point entendu parler de la fameuse poudre de sympathie, et de ses effets admirables ? On sait que ce n'est autre chose que du vitriol calciné au soleil et pulvérisé : ce minéral est astringent ; quand on l'applique sur une plaie, il ne manque guere de la dessécher, et de la disposer à se fermer en peu de temps : jusqu'ici point de sympathie dans le sens qu'on le suppose. Quand on emploie cette poudre près du blessé sur un linge baigné de son sang encore chaud, il arrive quelquefois que la blessure s'en ressent ; il n'y a encore là rien de sympathique que pour ceux qui ignorent que le vitriol en poudre s'exhale en particules insensibles que l'air voisin porte aux environs, et qui s'at-

tachent par préférence aux endroits humides. Mais le merveilleux de cette opération, c'est quand cette poudre agit à une grande distance, comme à 4, à 6 ou à 10 lieues.

Il n'y a pas d'apparence, (il faut en convenir), qu'on explique jamais un tel phénomene avec quelque vraisemblance par les loix ordinaires et connues de la nature : mais pourquoi chercher à l'expliquer, ce prétendu phénomene, s'il n'est qu'une exagération outrée de quelque Charlatan, soutenue aveuglément par la crédulité, et par l'envie d'entendre et de débiter des merveilles? C'est le jugement qu'on doit en porter d'après ceux qui n'en ont voulu croire que leurs propres yeux *. Combien de pareilles chimeres s'évanouiroient, si l'on étoit de bonne foi dans le récit des faits, et de leurs circonstances!

* *Cours de Chymie de Lémery, p. 492.*

AUTANT nous sommes certains que la porosité est une propriété commune à tous les corps, autant nous ignorons la quantité absolue de leurs pores. Comme tout ce qui est matière est pesant, et que la pesanteur ne con-

II. LEÇON.

vient qu'à ce qui est matériel, nous savons bien qu'un corps a moins de vuide qu'un autre, quand à volume égal il pese davantage que lui : mais cette comparaison ne nous apprend que leur porosité relative ; elle ne nous dit pas que dans l'un des deux il y a justement telle ou telle quantité de parties solides, ce qui nous feroit connoitre évidemment de combien il est poreux. Le vrai moyen d'en être instruit, seroit d'avoir une matiere de comparaison qui fût toute solide, en qui la grandeur et le poids fussent absolument synonymes : car en comparant une portion de cette matiere avec un pareil volume d'une autre matiere ; si celle-ci pesoit moitié moins, par exemple, on auroit raison de conclure, non-seulement qu'elle est une fois moins solide, comme nous faisons d'ordinaire ; mais on sauroit de plus la juste valeur de ce *moins*, et l'on regarderoit comme certain, que la porosité de cette matiere comparée seroit égale à sa solidité ; puisque la pesanteur, attribut qu'on peut regarder comme inséparable des parties matérielles, s'y feroit sentir une fois

moins que dans une semblable étendue qu'on suppose toute matiere.

Mais un corps de cette espece ne sera jamais qu'une supposition qu'on ne peut pas réaliser : nous ne connoissons rien de semblable dans la nature. L'or est de tous les êtres matériels que nous connoissons, celui qui est le plus compacte, et qui renferme le plus de matiere sous un volume déterminé ; il n'y a point de matiere connue, dont un pouce cube pese autant qu'un pouce cube d'or. Cependant ce métal est poreux, puisqu'en un moment le mercure s'y introduit, et que l'eau régale dont on se sert pour le dissoudre, agit de surface en surface jusques à la derniere. Plusieurs Physiciens * même ont porté leurs conjectures jusques à croire qu'il pouvoit y avoir dans l'or autant de vuide que de plein. Quelle idée aurons-nous donc de la porosité des autres corps ? De l'eau commune, par exemple, qui pese environ dix-neuf fois moins que l'or ; ou de l'air qui est 800 fois moins solide que l'eau ?

* *Newton, traité d'optique, liv. 2. part 3. prop. 8.*

Une matiere n'est pas toujours plus poreuse qu'une autre par cette seule

II. LEÇON.

raison qu'elle a des pores plus ouverts; le nombre compense souvent, ou surpasse même dans l'une ce que fait la grandeur dans l'autre. Un bouchon de liege, quelque comprimé qu'il soit dans le col d'une bouteille, ne devient jamais aussi compacte qu'un morceau de bois de quelque espece qu'il soit : jamais son volume diminué par compression ne le rend aussi pesant que le chêne, par exemple; sa porosité est donc toujours plus grande; cependant, ni le chêne, ni aucun autre bois semblable ne sera jamais aussi propre que le liege pour arrêter l'évaporation de quelque liqueur renfermée dans un vaisseau : il est donc plus que vraisemblable que, si dans l'un des deux la somme des vuides est plus grande, c'est moins par la grandeur que par le nombre des pores. Quand l'eau regale qui dissout l'or, refuse de pénétrer dans une masse d'argent, dira t-on, en conséquence de la légéreté respective de ce dernier métal, qu'il a les pores plus ouverts que le premier? Pourquoi ce qui entre dans celui-ci ne peut-il pas entamer l'autre, si, comme on le suppose,

ses parties plus distantes les unes des autres, donnent plus de prise au dissolvant? Ne vaudroit-il pas mieux dire que les petits vuides dans l'argent, ne sont pas tout-à-fait aussi grands que dans l'or, mais qu'ils sont beaucoup plus nombreux?

Jusqu'ici l'explication ne va point mal. Mais si l'on répond que l'eau-forte ordinaire, qui divise l'argent et la plupart des autres métaux, ne donne aucune atteinte à l'or, il faut avouer que la grandeur respective des pores devient une raison bien foible; car pourquoi ce qui peut s'introduire dans une moindre ouverture, n'en peut-il pas pénétrer une plus grande? Est-ce qu'il faudroit une juste proportion entre les petites pointes du dissolvant, et les pores de la matiere dissoluble? ou bien faudra-t-il, pour étayer cette explication, joindre la figure à la grandeur?

On ne peut douter qu'une matiere ne differe d'une autre par la configuration de ses parties insensibles; et de ce qu'elles sont différemment figurées en différens corps, il s'ensuit que les pores dans les uns et dans les

II. LEÇON.

autres doivent prendre différentes formes. A l'aide de ce principe qui est incontestable, on conçoit aisément qu'une particule solide pour se placer dans un de ces petits vuides, ou pour passer de l'un à l'autre, doit avoir non-seulement une grandeur proportionnée, mais aussi une valeur convenable ; et que l'une de ces deux conditions venant à manquer, l'autre peut fort bien ne pas suffire. C'est ici le cas où l'on est obligé de reconnoître qu'avec des principes certains et avoués d'ailleurs, on demeure encore en doute sur les explications, quand on n'applique ces principes que par conjectures, et que l'expérience ne dit pas si l'on a bien deviné.

Au reste, quoique nous ignorions si c'est une proportion de grandeur, ou de figure, ou l'une et l'autre ensemble, qui font agir un dissolvant sur une matiere préférablement à une autre, le fait n'en est pas moins connu, et depuis long-temps les arts en ont fait leur profit.

Le graveur en taille douce prend une planche de cuivre mince et bien polie; il l'enduit légerement d'une

espece de cire préparée qu'il noircit à la fumée d'un flambeau ; il dessine ensuite sur cette surface enduite, avec une pointe d'acier qui découvre le cuivre par autant de traits que son dessin en exige ; il borde sa planche avec un cordon de cire amollie ; il la pose horizontalement et il la couvre de 3 ou 4 lignes d'eau-forte affoiblie avec de l'eau commune au tiers ou à moitié. En peu de temps le cuivre découvert par la pointe d'acier, cede à l'action du dissolvant, et se creuse plus ou moins selon les vues de l'artiste qui regle la durée de l'opération, pendant que la cire (qui ne se dissout point dans l'eau forte) conserve le reste de la surface en son entier. C'est ainsi qu'on prépare une feuille de métal pour multiplier 3,000 ou 4,000 fois la même estampe, en la faisant passer successivement par la presse, sur autant de feuilles de papier.

Le marbre est impénétrable à l'eau et à quantité d'autres liqueurs; mais il ne l'est pas pour l'esprit-de-vin, pour l'esprit de thérébentine, pour la cire fondue ; ces exceptions ont été saisies par des personnes ingénieuses, comme

II. LEÇON.

autant de moyens pour introduire dans l'intérieur du marbre des couleurs étrangeres, et pour imiter avec celui qui est blanc les autres especes qui sont naturellement colorées. Feu M. Dufay, qui s'étoit beaucoup exercé à teindre des pierres dures, et qui a fait part à l'Académie des sciences de ses découvertes en ce genre *, me fit voir plusieurs fois des tables de marbre artificiellement teintes, bien imitées, et si fortement pénétrées, qu'elles avoient été polies depuis sans rien perdre de leurs couleurs.

* *Mém. de l'Académ. 1728. p. 50.*

Les vernis dont on fait maintenant tant d'usage, ne sont autre chose que des gommes de différentes especes que l'on liquéfie par le moyen de quelque dissolvant. Telle s'étend dans l'esprit-de-vin, qui reste entiere dans les huiles qu'on emploie avec succès pour fondre les autres; tout l'art consiste à connoître dans quelle matiere chacune est dissoluble, et ce choix ne devient sans doute nécessaire que par la différence qu'il y a entre la porosité des unes et celle des autres.

II. SECTION.

De la Compressibilité et de l'Elasticité des Corps.

TOUT ce que nous avons dit de la porosité, a déjà dû faire connoître que la grandeur apparente d'un corps quelconque excede toujours celle qui appartient à la quantité réelle de sa matiere propre : et cet excès varie peut-être autant que les especes qui composent l'univers ; car on rencontre rarement deux matieres qui, à volumes égaux, pesent également.

C'est ce rapport du volume à la masse qu'on nomme *densité* : un corps est plus dense qu'un autre, quand la quantité réelle de sa matiere differe moins de sa grandeur apparente, ou (ce qui est la même chose) quand sous une grandeur donnée, il contient plus de parties solides. Le plomb est donc plus dense que le cuivre ; l'air est moins dense que l'eau.

Mais le même corps peut changer de densité ; c'est-à-dire, que sa masse

II. LEÇON.

restant la même, son volume peut varier, soit en augmentant, soit en diminuant. Quand un corps devient plus dense, c'est que ses parties solides se rassemblent dans un plus petit espace, et cela se peut faire de deux manieres, ou lorsqu'on supprime une cause interne qui les tenoit plus écartées, ou quand on applique extérieurement une force qui les oblige à se rapprocher mutuellement. On peut distinguer l'une de l'autre. ces deux manieres de diminuer le volume d'un corps, en appellant la premiere *condensation*, l'autre *compression*; (quoiqu'à dire vrai, ce soit toujours condenser une matiere, que d'occasionner la diminution de son volume de quelque façon que ce soit: ainsi serrer de la neige dans les mains, pour en faire une pelote, c'est la comprimer; faire refroidir une liqueur, ou diminuer la chaleur qui dilate ses parties, c'est la condenser.

Nous ne connoissons aucun corps dans la nature (en faisant abstraction des parties élémentaires ou atômes, s'il y en a) dont le volume ne puisse être diminué de l'une de ces deux

manieres au moins, et assez souvent de l'une et de l'autre façon. Quelque dure que puisse être une matiere, elle ne l'est jamais parfaitement, ses molécules sont toujours plus ou moins dilatées, soit par un mouvement interne qui peut être ralenti, soit par l'action d'un fluide étranger qui la pénetre, et qu'on peut vaincre par une puissance extérieure. Une barre de fer, par exemple, qui a été chauffée jusqu'à rougir, devient ensuite plus menue et plus dure; à mesure qu'elle se refroidit; parce que ses parties se rapprochent peu-à-peu, en perdant le mouvement violent qu'elles avoient acquis dans le feu. Une éponge mouillée et dilatée par l'eau qu'elle contient, se place dans un espace beaucoup moindre, quand on exprime le fluide qui remplit ses pores. Une boule de marbre ou de verre, un diamant même, jettés sur quelque chose d'aussi dur, rejaillissent à l'instant; et nous ferons voir bientôt que le mouvement de réflexion est une preuve de la compressibilité du corps réfléchi.

Tous les corps généralement, dans

II. LEÇON.

tel état qu'ils se présentent, solides, fluides ou liquides, sont susceptibles de condensation. Un morceau de marbre, et sur-tout s'il est noir, se trouve plus petit, quand il a séjourné quelque tems dans un lieu beaucoup plus froid que celui où il étoit, lorsqu'on l'a mesuré d'abord. Une vessie ou un ballon rempli d'air pendant l'été, devient flasque pendant l'hiver; et la liqueur du thermometre ne descend vers la boule, que quand son volume ne suffit plus pour remplir la partie du tube qu'elle occupoit dans un temps plus chaud : mais nous remettons à parler plus amplement de la maniere dont les corps se condensent, en traitant du feu et de la chaleur qui les raréfient.

Quant à la compression, on ne peut pas dire qu'elle convienne aussi généralement à la matiere considérée dans tous ses états : tous les corps solides sont compressibles, et jusqu'ici l'expérience n'en a fait excepter aucun : l'air se comprime considérablement, et produit par cette propriété des effets surprenans, que nous rapporterons dans leur lieu. D'autres flui-

des, comme la fumée, la flamme, etc. n'ont point encore été éprouvés dans cette vue; sans doute parce qu'il seroit très-difficile, et probablement impossible de les appliquer seuls à des expériences de cette espece : mais pour les liqueurs, elles n'ont jamais donné directement aucun signe de compressibilité, quelque chose qu'on ait fait; et il semble que l'on a fait d'abord tout ce que l'on peut faire : l'expérience de l'Académie *del cimento*, est aussi ingénieuse que le résultat devoit être peu attendu; et l'on ne voit pas que depuis qu'on l'a faite, personne ait réussi à faire mieux. M. Newton * la rapporte comme une chose fort curieuse; et comme s'il eût appréhendé qu'un fait aussi surprenant ne fût révoqué en doute, il assure qu'il le tient d'un témoin oculaire; pour moi, je le cite d'après mes propres yeux, et l'usage que j'en fais dans mes cours, a déjà mis bien du monde à portée de le citer de même : voici le fait.

* *Traité d'Opt. liv. 2. part. 3. prop. 8.*

II. LEÇON.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

Préparation.

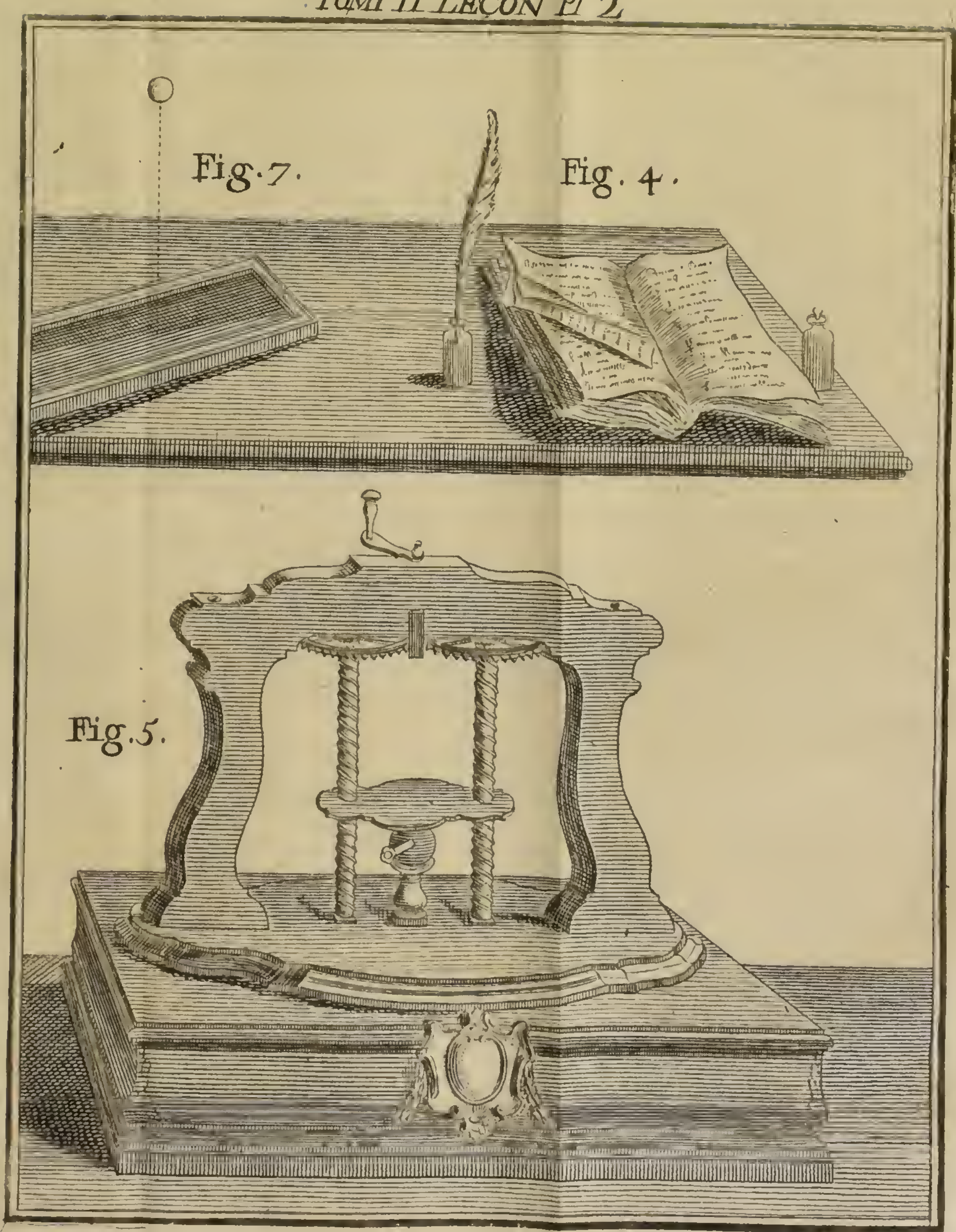
Une boule de métal dont on a mesuré exactement la capacité, assez mince pour être flexible, remplie d'eau entièrement, et bouchée de façon qu'elle ne puisse rien perdre par l'orifice, s'applique à une petite presse qui est représentée par la *Fig.5.*

Effets.

Quand on fait agir la presse, la boule de métal comprimée s'applatit un peu; et si l'on continue de presser, l'eau se fait jour à travers les pores, et paroît sur la surface en petites gouttes, semblables à celles de la rosée.

Explications.

C'est une chose démontrée, qu'une capacité sphérique, à surfaces égales, contient plus de matiere que toute autre : il s'ensuit qu'un vaisseau qui a cette figure, et qui est plein, ne peut pas la perdre qu'il n'arrive de ces deux choses l'une; ou qu'il augmente


Fig. 7.
Fig. 4.
Fig. 5.

augmente de surface, pour conserver la même capacité, ou que ce qu'il renferme, se condense en diminuant de volume. Quand l'eau commence à passer à travers le métal, la boule se trouve un peu applatie; mais en mesurant sa capacité, on la trouve la même qu'elle étoit avant l'expérience; il faut donc convenir que cet applatissement n'est dû qu'à la ductilité du métal, et que le volume de l'eau n'a point été sensiblement diminué sous la presse.

Boyle, le baron de Vérulam, et quelques autres physiciens qui ont essayé de comprimer l'eau dans des boîtes de métal, ont cru voir des marques de sa compressibilité; mais il y a toute apparence que ce qu'ils ont apperçu, devroit être attribué à la flexibilité ou au ressort du métal, ou bien à celui de quelques bulles d'air renfermées avec l'eau dans la même boîte.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

A B C D, *Fig.* 6, est un tube de verre fort épais, qui a trois lignes de

II. LEÇON.

diametre intérieurement, 7 pieds de hauteur, et qui est recourbé en forme de siphon; on y verse d'abord un peu de mercure qui remplit la courbure, et qui se met de niveau en *BC*; on emplit la partie *CD* avec de l'eau; on bouche exactement et solidement le tuyau en *D*, et l'on verse ensuite du mercure dans la branche *AB*, jusqu'à ce qu'elle soit entierement pleine.

EFFETS.

La colonne d'eau qui est entre *CD*, oppose tant de résistance à la pression du mercure, qu'elle ne diminue pas sensiblement de volume.

EXPLICATIONS.

Nous ferons voir en traitant de l'Hydrostatique, que la pression qu'exerce le mercure contre l'eau en *C*, est égale au poids de la colonne contenue dans la partie *AB* du tuyau. Or cette colonne de mercure, qui a environ 6 pieds 10 pouces de hauteur, égale trois fois le poids de l'atmosphere, ce qui fait une force très-grande; et puisqu'elle ne suffit pas pour condenser

sensiblement le volume d'eau contre lequel elle agit, c'est une marque que les parties des liquides sont fort dures, et que les matieres qui sont en cet état, sont bien peu flexibles.

APPLICATIONS.

Quoique dans les expériences que nous venons de rapporter, l'eau ne laisse appercevoir aucun signe de condensation, on n'en doit point conclure que les liqueurs sont absolument incompressibles, mais seulement qu'elles sont capables de résister aux efforts qu'on a employés jusqu'ici contr'elles. Tout nous porte à croire qu'elles céderoient enfin d'une maniere sensible, s'il étoit possible de les soumettre à de plus grandes pressions, et qu'elles cedent même à celles qu'on emploie, mais d'une quantité trop petite pour être apperçue. Tous les corps solides se compriment, parce qu'étant poreux, leurs parties peuvent se rapprocher; mais qu'est-ce qu'une liqueur, sinon un assemblage de petits corps solides que nous ne pouvons pas regarder comme des êtres sim-

ples, mais plutôt comme de petites masses composées de parties qui ne sont pas si étroitemsnt unies, qu'elles ne laissent de petits vuides entr'elles. Si la porosité rend les grands corps susceptibles de condensation, la même cause ne doit-elle pas avoir le même effet dans les plus petits? Tout ce qu'on peut dire, c'est que la compressibilité doit diminuer, comme la grandeur des corps; c'est-à-dire, que les plus petits sont les moins flexibles; que les parties d'une liqueur par conséquent, à cause de leur extrême petitesse, sont à l'épreuve des plus grandes forces: mais il suit du même principe, qu'il n'y a d'absolument incompressible, que ce qui est absolument simple, tels que seroient des atômes, ou les parties primordiales des corps, sur lesquelles nos épreuves n'ont point de prise.

Il est avantageux pour nous, que tout ce qui est liquide puisse résister à des pressions qui rapprochent et qui broyent les autres corps; tout ce que nous tirons des végétaux par expression, le vin, le cidre, les huiles, etc. ne se sépareroient jamais des

parties solides qui les renferment, si les liquides pouvoient se comprimer comme elles; les fruits soumis à la presse, ne feroient qu'y changer de volume; la facilité que nous avons à extraire les sucs que la nature y a préparés pour nos usages, est presque toute fondée sur la résistance que les liquides opposent à la compression.

On ne peut s'empêcher d'être surpris, quand on considere que le même corps est compressible, ou ne l'est pas, selon qu'un degré plus ou moins de chaleur change son état : un morceau de glace donne des marques de compression; qu'il se réduise en eau, c'est toujours la même matiere, mais elle ne se comprime plus : la cire, le soufre, le métal, etc. font voir la même chose, quand on les fait passer de l'état de solidité à celui de liquidité. Ce phénomene est intéressant, et mérite bien une explication : malheureusement nous n'avons à offrir qu'une conjecture, mais pourtant une conjecture appuyée sur des principes connus, et qui la rendent probable.

On peut dire que l'état naturel de

II. Leçon.

presque tous les corps, est d'être solides; quand ils sont liquides, c'est parce qu'une matiere étrangere les rend tels en pénétrant dans leur intérieur, et en donnant par sa quantité ou par son action à leurs parties une mobilité respective, qui rompt toute liaison, et presque toute adhérence entre elles. C'est ainsi que de la terre abreuvée d'une quantité d'eau suffisante, devient de la boue qui coule sur un plan incliné; l'eau elle-même cesse d'être glace, aussitôt qu'un fluide plus subtil, et connu sous le nom de *matiere du feu*, la pénetre en assez grande quantité, et y porte assez de mouvement pour détacher ses parties les unes des autres.

Si l'on demande maintenant pourquoi les corps solides peuvent se comprimer, et que les liqueurs n'ont pas la même propriété, ne peut-on pas répondre avec vraisemblance que dans les premiers, les parties portent pour ainsi dire à faux, ou ne sont appuyées que sur un fluide sans action, qui cede au moindre choc; au lieu que dans les liqueurs, les molécules plus divisées, et par cette raison déjà

moins flexibles, sont appuyées sur un fluide assez abondant, et dont les parties sont d'autant plus dures, qu'elles sont plus simples. Si l'on avoit mis dans un vase une certaine quantité de globules d'acier, ou de quelque autre matiere équivalente pour la dureté, elles ne céderoient point sensiblement à la compression, soit qu'elles fussent seules, pourvu qu'elles se touchassent; soit qu'elles fussent mêlées avec d'autres plus petites qui les empêchassent de se toucher, pourvu que ces dernieres fussent elles-mêmes inflexibles. *Fig.* 8.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Sur une tablette de marbre noir bien unie, et enduite d'une très-légère couche d'huile, on laisse tomber plusieurs fois et en différens endroits, de la hauteur de 2 ou 3 pieds, une petite boule d'ivoire, qui peut avoir environ trois quarts de pouce de diametre. *Fig.* 7.

I. LEÇON.

EFFETS.

En regardant obliquement la tablette de marbre, on apperçoit partout où la boule d'ivoire a touché, une tache ronde qui a environ deux lignes de diametre; et cette tache est plus grande aux endroits où la boule est tombée plus haut.

EXPLICATIONS.

L'ivoire, quoique très-ferme, est une matiere compressible; quand il tombe sur le marbre, le mouvement de sa pesanteur qui l'y pousse, occasionne une pression qui porte une partie plus ou moins grande de cette petite sphere vers son centre; et comme ces parties comprimées sont de nature à se rétablir dans un instant, il ne reste aucune marque de cette compression sur la boule; mais la tache qui paroît sur le marbre, est une preuve incontestable de cet applatissement qui a disparu : si l'on n'aime mieux dire que le marbre s'est enfoncé et remis aussitôt; ce qui prouve également la compressibilité d'un corps très-dur : l'un et l'autre

arrive probablement; la même compression creuse le marbre et applatit la boule ; mais de ces deux effets, le dernier est sans doute le plus considérable, à en juger par la nature de deux corps comprimés : c'est pourquoi nous nous arrêtons par préférence au dernier ; et ce que nous allons dire pour faire entendre que la tache ronde prouve incontestablement l'applatissement de la boule, en faisant abstraction de la flexibilité du marbre, obligeroit de même à conclure un enfoncement dans le marbre, si l'on n'avoit aucun égard à la compressibilité de l'ivoire.

On sait en effet que la circonférence d'un cercle appliqué par sa partie convexe sur une ligne droite, ne la touche qu'en un point *G*, *Fig.* 9. On sait aussi que les surfaces sphériques sont composées de lignes circulaires, comme les plans le sont de lignes droites, et que les surfaces se comportent entre elles à cet égard, comme les lignes qui les composent. Si le cercle ne touche la ligne droite qu'en un point, la boule d'ivoire de notre expérience, posée simplement

II. LEÇON.

sur la tablette de marbre, ne doit la toucher aussi qu'en un point. Quand on l'a laissé tomber dessus, s'il paroît qu'elle y ait été appliquée par une surface circulaire de 2 lignes de diametre, il faudra nécessairement convenir que le premier point de tangence *g*, *Fig*. 9, a été rapproché du centre, par l'effort de la compression, et qu'après lui, ceux d'alentour ont souffert le même déplacement; ce qui a donné lieu à une portion sensible de la surface, d'être appliquée au marbre, et d'y laisser son impression sur la couche légere d'huile dont il est enduit.

APPLICATIONS.

Si l'on comprime un corps également dans toute l'étendue de sa surface, au cas qu'il soit compressible, il ne s'en peut suivre qu'une diminution de volume, parce que tous les points opposés obéissent à des puissances égales, et leurs situations respectives restent les mêmes. Tel est l'état des animaux qui vivent dans l'air ou dans l'eau; environnés de toutes parts de l'un de ces deux fluides, ils n'en remarquent point la pression, quoi-

qu'elle soit considérable, parce qu'elle se fait équilibre à elle-même, et qu'elle ne dérange rien de ce qui lui est soumis; mais si la compression devient plus forte d'un côté que de l'autre, son effet ne se borne plus à diminuer le volume; la figure change aussi, comme il est aisé de l'appercevoir dans une balle de plomb qui tombe sur quelque chose de dur, et qui y perd une partie de sa sphéricité; ou dans une balle de jeu de paume, qui laisse souvent contre la muraille des vestiges bien remarquables de son applatissement.

De l'élasticité ou ressort des Corps.

De tous les corps qui se compriment, les uns demeurent dans l'état que la compression leur a fait prendre; c'est-à-dire, qu'ayant changé ou de grandeur ou de figure, ils persévèrent dans ce changement, lorsque la compression vient à cesser; comme la balle de plomb qui reste applatie après sa chûte, et la pelotte de neige qui demeure dans la forme qu'on lui a donnée avec les deux mains. Les autres au contraire se rétablissent et reprennent

après avoir été comprimés, les mêmes dimensions et la même figure qu'ils avoient avant que de l'être. Telle est la bille d'ivoire de l'expérience précédente; telle est une bulle d'air qui, partant du fond d'un vase plein d'eau, devient plus grosse à mesure qu'elle s'éleve vers la surface.

Les corps de la derniere espece se nomment des corps à *ressort* ou *élastiques*; car l'*élasticité* n'est autre chose que l'effort par lequel certains corps comprimés tendent à se rétablir dans leur premier état. Cette propriété suppose donc qu'ils soient compressibles; et comme les liqueurs ne le sont pas d'une manière sensible, on doit conclure que si elles ont du ressort, leur réaction a trop peu d'étendue pour être visible.

Tous les corps même qui sont élastiques, ne le sont pas au même degré; il y en a tels qui ne se rétablissent presque point, et alors l'élasticité est regardée comme nulle dans l'usage; et l'on appelle ces sortes de corps *mols*, ce qui veut dire seulement une privation de ressort assez actif pour être considéré.

Ceux en qui la force élastique se fait appercevoir, réagissent plus ou moins selon la dureté, la roideur ou la disposition de leurs parties internes; mais il n'en est aucun dont on puisse assurer avec des preuves positives, que le ressort est parfait et inaltérable; on remarque presque toujours que cette qualité se perd ou s'affoiblit par un long exercice, ou par une compression de trop longue durée : un arc qui est trop long-temps ou trop souvent tendu, garde enfin la courbure qu'on lui a fait prendre : le crin, la laine ou la plume dont on garnit les meubles, perdent par succession de temps presque tout ce qu'ils offrent de commode dans la nouveauté, et leur affaissement n'est que la suite nécessaire d'un ressort usé.

Nous ne pouvons donc point nous promettre des expériences rigoureusement exactes, pour établir la théorie du ressort, puisque les corps qui en ont le plus, n'en ont point encore autant qu'il leur en faudroit pour être parfaitement élastiques. De plus, on ne peut opérer que dans quelque milieu matériel : quand on choisiroit l'air

II. LEÇON.

comme celui qui est le moins dense; nous avons déjà fait voir qu'il est capable de résistance, et l'on doit s'attendre qu'il fera disparoître une partie de l'effet, si petite qu'elle soit : mais les à-peu-près suffisent, quand il ne manque presque rien à l'exactitude, et qu'on est obligé de rabattre quelque chose pour les empêchemens inévitables. L'acier trempé et l'ivoire m'ont paru assez propres aux effets par lesquels on peut prouver ce qu'il importe le plus de savoir touchant l'élasticité; c'est pourquoi je m'en servirai préférablement à toute autre matiere dans les expériences de ce genre; mais comme celles dont j'ai fait choix, exigent quelques connoissances des principales propriétés du mouvement dont nous n'avons encore rien dit, j'ai cru qu'il etoit à propos de les différer, d'autant plus qu'elles trouveront une place convenable parmi celles que nous emploierons pour faire connoître les loix du mouvement dans le choc des corps.

Les arts ont appliqué les ressorts à tant d'usages, que ce seroit une longue et inutile entreprise d'en faire ici

l'énumération : il nous suffira d'en citer deux ou trois exemples, par lesquels on pourra juger de l'utilité des autres.

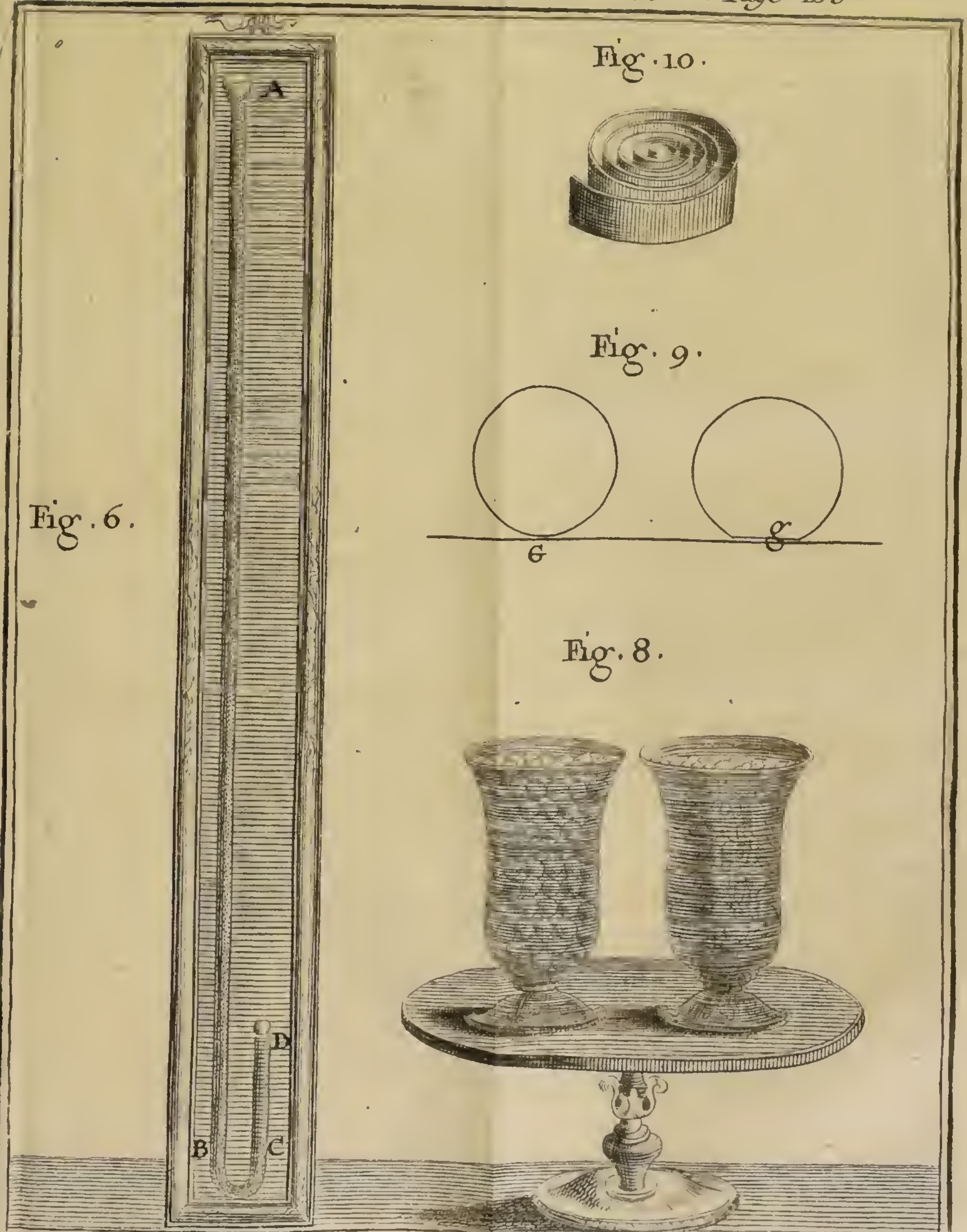
S'il est utile et commode de voyager à son aise, on doit presque tout cet avantage aux lames d'acier, aux bandes de cuir, et aux autres corps élastiques sur lesquels on suspend les voitures : sans cette précaution, la plus belle chaise de poste, le carrosse le plus somptueux ne seroit qu'un tombereau couvert et orné, dans lequel on seroit durement secoué; car si tout ce qui compose la voiture, étoit également inflexible, les divers mouvemens causés et brusquement interrompus par les inégalités du terrein, se communiqueroient dans toute leur force jusqu'aux personnes qui en occuperoient l'intérieur.

La mesure du tems est une chose si intéressante pour tout le monde, qu'il est peu de personnes qui n'aient une pendule ou une montre, et qui ne la regardent comme un meuble nécessaire : ces sortes d'instrumens, qu'on doit considérer comme des chefs-d'œuvres de l'art, sont animés par un

II. LEÇON.

ressort (*Fig.* 10), formé d'une lame d'acier roulée sur elle-même dans un barillet qu'elle fait tourner, en se développant, et dont le mouvement se communique par des roues dentées, jusqu'aux pivots qui portent les aiguilles, pour leur faire indiquer les heures et les minutes sur un cadran divisé à cette intention. Nous dirons ailleurs comment on est parvenu à rendre l'action du ressort presqu'égale pendant tout le tems qu'il se développe; car une difficulté qui se présente d'abord, c'est que cette action diminuant toujours à proportion que le ressort se détend, le mouvement doit aussi se rallentir dans toutes les pieces qu'il anime, et les aiguilles doivent faire les heures et les minutes plus longues vers la fin qu'au commencement. Il a donc fallu trouver un remede à cet inconvénient; et l'on en est venu à bout par une invention fort ingénieuse, dont nous aurons occasion de parler, en traitant de la théorie du levier et des machines qui y ont rapport.

De quels secours ne sont point les ressorts dans l'arquebuserie? Par quel autre moyen auroit-on pu opérer des


Fig. 10.
Fig. 9.
G
g
Fig. 8.
Fig. 6.
A
D
B
C

mouvemens aussi prompts et aussi difficiles à être apperçus par un oiseau ou par un quadrupede, que la nature a mis en garde contre tout ce qui menace sa vie, et qui oppose aux ruses et à l'adresse du chasseur le mieux exercé, des organes d'un sentiment exquis, et une agilité qui trompe souvent ses poursuites. Le chien d'un fusil conduit par un ressort, porte en un clin-d'œil un caillou tranchant contre une petite piece d'acier trempé; le feu prend à la poudre, et le plomb qu'elle chasse, frappe l'animal avant qu'il ait été averti par la flamme ou par le bruit, ou du moins avant qu'il ait pu profiter de cet avis.

Non-seulement les arts ont profité de l'élasticité des corps, et en ont fait des applications heureuses, ils ont encore trouvé des moyens pour la faire naître ou pour l'augmenter dans ceux qui n'en ont que peu ou point.

Tous les corps sonores, comme nous le dirons plus amplement à la suite des expériences sur l'air, doivent être à ressort; c'est pour cette raison qu'on fait les cloches et les timbres

II.
LEÇON.

avec du cuivre et de l'étain fondus ensemble, parce qu'on a remarqué qu'un métal allié est plus dur, plus roide et plus élastique que les métaux simples dont il est composé.

La plupart des métaux, même sans être alliés, deviennent capables d'une plus grande réaction, quand on les bat à froid; ce que les ouvriers appellent *écrouir*. On s'en apperçoit bien par la vaisselle : quand une cuiller ou une fourchette a été seulement fondue et limée, et qu'elle ne doit rien au marteau, la façon en est moins chere, mais elle est moins durable; la pièce se fausse au moindre effort, et son poli n'est jamais si beau. Un ouvrier intelligent en horlogerie, en instrumens de mathématiques, en orfévrerie, etc. ne manque jamais à écrouir ses ouvrages, non-selement pour leur procurer plus de solidité, mais encore pour les faire valoir par un poli plus brilant, en rapprochant les parties, et en rendant les pores du metal plus serrés.

Mais de tous les corps dont on augmente artificiellement le ressort, il n'en est point de plus remarquable

que le fer converti en acier, et parmi les différens procédés qu'on emploie à cet effet sur ce métal, rien n'est comparable à la *trempe*.

Il faut savoir 1.° que l'acier n'est point un métal particulier; on doit le regarder comme un fer préparé, quoiqu'il se trouve des mines qui en fournissent immédiatement : le plus ordinaire et le plus fin est celui qu'on fait avec du fer forgé, en y introduisant une certaine dose de parties salines et sulfureuses qui augmentent sa dureté, et qui le rendent propre à être trempé. 2.° Tremper l'acier, c'est le refroidir subitement dans le moment qu'on le sort bien rouge du feu; et cela se fait d'ordinaire, en le plongeant dans de l'eau froide, ou dans quelque chose d'équivalent.

Les principaux effets de la trempe sur l'acier, ceux dont les arts tirent le plus d'avantage, sont de le rendre très-dur, d'augmenter son élasticité, et de la rendre durable. Tous les outils tranchans, jusqu'à ceux qu'on emploie pour cultiver la terre; en un mot, depuis la lancette jusqu'à la bêche,

II. LEÇON.

tous sont redevables de leur principal mérite à cette dureté qui coûte si peu, et qui seroit désavantageuse par excès, si l'on n'avoit soin de la modérer par un degré de chaleur qu'on fait succéder à la trempe et qu'on nomme *recuit*.

Les effets admirables de la trempe sur l'acier, ont intéressé avec raison la curiosité des plus habiles physiciens ; tous ont desiré d'en savoir les causes, et quelques-uns en ont hasardé des explications ; mais on doit convenir que personne n'en a donné d'aussi vraisemblables et d'aussi bien appuyées que M. de Réaumur. Après une suite d'expériences de plusieurs années sur cette matiere, il suppose que l'action du feu chasse de l'intérieur des molécules de l'acier, une grande partie des sels et des souffres qui se trouvent disséminés, sans pour cela les faire sortir de la masse totale : supposition fondée sur les effets ordinaires et connus du feu, et sur l'expérience ; car on sait d'ailleurs que dans la fusion des matieres hétérogenes et fixes, le feu procure toujours l'union des parties semblables ; et

quand son action augmente jusqu'à un certain point sur l'acier, elle le dépouille de ses souffres et de ses sels, ce que les ouvriers appellent *brûler*. La trempe saisit donc l'acier dans un temps où ses principes, quoique les mêmes, se trouvent différemment mêlés; avant que de le chauffer, les parties salines, sulfureuses, métalliques, etc. extrêmement divisées et intimement mêlées, composoient un tout d'une tissure plus uniforme, mais cependant plus hétérogene dans ses molécules, puisque chacune participoit également de trois ou quatre sortes de matieres qui entrent dans le composition de l'acier; mais après un degré de feu suffisant, les sels et les souffres extraits et pelotonnés, pour ainsi dire, à part du métallique, font un tout plus homogene dans ses molécules, mais plus poreux et moins lié, quant à l'assemblage de ces petits pelotons de différentes especes. Cette hypothese (si c'en est une) explique fort heureusement tous les phénomenes qui résultent de la trempe.

1.° L'acier cassé paroît d'un grain

II. LEÇON.

plus grossier, après avoir été trempé, parce que les parties métalliques qui sont les plus apparentes par leur couleur, sont ramassées en petites masses plus écartées les unes des autres.

2.° La trempe donne plus de volume à l'acier qu'il n'en avoit avant; et cela doit être, puisqu'elle le fixe dans un état où le mêlange et l'union de ses principes est moindre.

3.° L'acier durcit à la trempe, parce que ses molécules se forment de parties plus semblables, et par cette raison plus capables de s'unir.

4.° L'acier trempé se casse plutôt que celui qui ne l'est pas, ou qui l'est moins; c'est que la liaison de ses molécules entre elles est moindre, puisqu'elles sont de matieres dissemblables, et qu'elles se touchent par moins de surface.

5.° Enfin, le recuit rend l'acier trempé moins cassant et plus flexible; parce qu'un degré de feu modéré fait renaître en partie le mêlange intime des parties dissemblables, et qu'il lui fait prendre un état moyen entre celui d'un acier non trempé, et celui d'une trempe excessive.

Quoique nous ayons des procédés certains pour augmenter, diminuer, anéantir même le ressort de plusieurs corps, nous n'en connoissons pas mieux la cause de l'élasticité en général : tout ce qu'on a imaginé jusqu'à présent pour en rendre raison, ne peut passer tout au plus que pour des conjectures, dont les unes sont visiblement démenties par l'expérience, les autres supposent ce qui est en question, d'autres enfin plus ingénieuses que probables, n'ont aucuns faits qui parlent pour elles.

Dire qu'un ressort que l'on tend en le courbant, a les pores plus ouverts en sa partie convexe, cela est vrai ; que les pores, quoique plus ouverts, ne le sont point assez pour se remplir d'air grossier, et qu'ils en restent vuides, cela paroît encore vraisemblable : mais ajouter, qu'en conséquence de ces petits vuides la pression de l'air qui agit par le côté opposé, est la cause de l'effort qu'on voit faire au corps élastique, pour se remettre dans son premier état, c'est ce que la raison ne dit point, et ce que l'expérience dément formellement ;

car l'élasticité dans un lieu privé d'air grossier, fait ses fonctions comme ailleurs.

J'appelle supposer ce qui est en question, que d'attribuer le ressort des corps à l'air qu'ils contiennent entre leurs parties, comme autant de petits ballons qui se trouvent comprimés dans la partie concave d'un bâton que l'on courbe, et qui réagissent jusqu'à ce qu'il soit redressé; car il restera toujours à savoir quelle est la cause du ressort de l'air.

Enfin, si l'on suppose avec le changement de figure qui se fait dans les pores d'un ressort tendu, l'action d'un fluide qui se trouve par-tout, comme la matiere subtile, ou quelque chose de semblable qui agisse par son poids, on pourra former une explication qui aura quelque vraisemblance : mais je doute fort qu'elle soit bien reçue, si elle n'est appuyée sur des faits; et je ne vois pas qu'il soit facile d'en trouver qui parlent clairement.

Ce que nous avons dit dans la leçon précédente et dans celle-ci, touchant la divisibilité des corps, la subtilité de leurs parties, la varieté de leurs

leurs figures, leur impénétrabilité et leur porosité, nous engage et nous met à portée d'expliquer en général de quelle maniere nous acquérons la connoissance des objets qui nous environnent; car tout ce qui est hors de nous-mêmes nous seroit inconnu, s'il ne faisoit sur nous quelqu'impression sensible; et cette impression qui prend tant de formes différentes, nous la devons presque entierement à la petitesse extrême des parties qui nous touchent, et aux différentes figures qu'elles affectent : tout ce qui est matériel s'adresse à nos sens, et nous jugeons d'après leur rapport.

Digression sur les sens.

On appelle *Sens* certaines facultés du corps animé, par lesquelles il entre en commerce avec les objets extérieurs; ce sont autant de moyens que le Créateur a établis pour mettre les animaux en état de se nourrir, de se défendre, de s'entr'aider et de se reproduire; car sans les sens, à peine différeroient-ils d'une plante qui végete dans la même place où la nature

II. LEÇON.

l'a fait naître, qui seche sur pied quand la nourriture ne lui vient plus; et qui souffre avec une égale insensibilité la bêche qui la cultive, et le fer qui la fait périr.

L'exercice des sens est une fonction purement animale; elle convient aux bêtes comme à l'homme; il semble même qu'à cet égard plusieurs especes d'entre elles aient été mieux traitées que nous: quelle finesse dans l'odorat des chiens! quelle portée de vue dans les oiseaux de proie!

On distingue communément cinq sortes de sens; le *toucher*, l'*odorat*, le *goût*, l'*ouie* et la *vue*. Il est peu d'animaux en qui l'on n'en compte autant: il y a peut-être dans la nature des especes qui ont quelque autre sens que nous ne connoissons pas, mais il en est de ceci comme de toutes les choses qui ne sont point impossibles, on ne doit pas les admettre sans nécessité et sans preuves. Chaque sens a son siege particulier dans quelque partie du corps, qui, à cet égard, se nomme son *organe*; l'oreille est celui de l'ouie; l'œil est celui de la vue, etc.

Quoique tout organe soit sensible,

il ne l'est pourtant pas pour toutes sortes d'objets ; chacun a son district particulier ; l'oreille se dirigeroit en vain vers la lumiere, et la vue la plus perçante n'apperçoit pas le son des cloches. Quand bien même l'objet seroit de la compétence de l'organe qu'il affecte, la sensation naturelle n'a lieu qu'autant que l'impression n'est ni trop forte ni trop foible. On ne distingueroit point l'image du soleil, si l'on recevoit immédiatement ses rayons dans les yeux ; et peu de personnes pourroient lire une écriture de petit caractere à la clarté des étoiles.

Qu'est-ce donc que *sentir* ou faire usage de ses sens ? De la part du corps animé, c'est recevoir sur tel ou tel organe l'impression modérée d'un objet qui le touche, ou par lui-même, ou par quelque matiere intermédiaire : de la part de l'ame qui anime le corps, c'est se retracer les idées qu'elle a attachées à ces impressions, ou s'en former de nouvelles, si les impressions sont neuves. Un homme, par exemple, jette la vue en plein jour sur un chien, la lumiere qui éclaire le

II. LEÇON.

corps de cet animal, rejaillit jusqu'au spectateur, et frappe dans le fond de son œil une place terminée comme la figure de l'animal qui la réfléchit; à cette occasion, l'ame se rappelle l'idée d'un chien qui lui est familiere, et si la mémoire lui fournit l'idée de quelqu'autre chien, elle juge que celui-ci est grand, petit, maigre, gras, etc. par la comparaison qu'elle en fait. De savoir maintenant comment l'organe affecté par l'objet, détermine l'esprit à penser en conséquence, c'est ce que la physique n'apprend point, et c'est, je crois, ce qui surpasse la portée de nos foibles lumieres; l'union de l'ame avec le corps, le commerce de ces deux êtres de nature si différente, est un de ces mysteres qu'il est peut-être plus sage d'admirer que d'étudier.

Mais comme un homme voit un chien, un chien voit un homme; et ses actions, comme les nôtres, semblent se régler sur ce qu'il voit, sur ce qu'il entend, etc. Que se passe-t-il donc dans cet animal, lorsqu'un objet affecte quelqu'un de ses sens? C'est encore une de ces questions épineuses

où la curiosité échoue, et sur lesquelles les génies les plus heureux ont épuisé toute leur philosophie. Selon la doctrine de Descartes, une bête n'est autre chose qu'une belle machine, dont toutes les pieces sont si bien assorties, et ordonnées avec une correspondance si parfaite, qu'une d'entre elles étant remuée par l'objet extérieur qui a prise sur elle, détermine immédiatement les autres à se mouvoir de telle ou telle maniere: les nerfs de chaque organe ayant été touchés comme il convient, transmettent aux membres les différens mouvemens d'où résulte telle ou telle action. Cette pensée est grande, elle est hardie, elle est même séduisante, quand on la médite sans préjugé; mais c'est l'affoiblir, que de fonder sa vraisemblance sur des exemples ou sur des similitudes. Celui de tous les êtres animés qui nous paroît le plus imbécille, une huître, un limaçon, est sans comparaison au-dessus de la montre la plus parfaite, et de tout ce que l'art a pu produire de plus ingénieux. Le commun des hommes ne consentira jamais à regarder les ac-

II. LEÇON.

tions d'un cheval, d'un chien de chasse, &c. comme les effets d'un mécanisme purement matériel : pour goûter cette Philosophie, il faut être un peu Philosophe.

On aimera mieux croire sans doute, que le corps d'une bête est animé et conduit par un être intelligent qui commence et périt avec lui, et qui est le principe de toutes ces pensées et de tous ces jugemens, dont on croit voir des signes dans les diverses actions des animaux. Ce sentiment qui n'est contraire ni à la raison, ni aux dogmes de la foi, a trouvé et trouve encore aujourd'hui des défenseurs, non-seulement dans le vulgaire qui juge sur les apparences, mais même parmi ceux qui méditent, et qui n'admettent les opinions qu'après les avoir discutées.

Mais il ne faut pas croire qu'en prenant ce parti, on se mette au-dessus de toute difficulté. Quand on considere la docilité d'un animal domestique, les ruses et l'adresse de certaines bêtes voraces, le bon ordre et l'industrie qui regnent dans quelques especes d'insectes qui vivent et travaillent en

société ; il est bien commode d'en rendre raison en disant : *c'est que tous ces animaux sont intelligens ; l'auteur de la nature les a rendus tels, en renfermant dans leurs corps une ame d'une espece convenable à leur condition*. Mais cette ame, si elle est immatérielle, comme on le prétend, que devient-elle, lorsqu'un ver ayant été coupé en 5 ou 6 parties, et même davantage, chaque morceau continue de vivre, et redevient un animal complet et tout-à-fait semblable à celui qu'on a divisé, comme on l'a observé depuis une vingtaine d'années * ? Y avoit-il donc plusieurs ames dans le même individu, ou bien ce qui n'est point matiere est-il divisible ? Ne poussons pas plus loin cette question, dans un ouvrage où nous nous sommes interdit toute discussion métaphysique ; attachons-nous seulement à ce qui peut être éclairci et prouvé par l'expérience et par les observations. Quant à la matiere présente, bornons-nous à faire connoître le mécanisme de nos sensations ; conduisons l'objet extérieur ou son action, jusqu'à la partie du corps destinée à

* *Hist. des insec. de M. de Réaumur, t. 6 dans la préface, p. 54*

II. LEÇON.

recevoir son impression ; et voyons quelles sont les conditions nécessaires dans l'objet, pour être activement sensible, et dans l'organe, pour être affecté efficacement.

Le Toucher.

Le premier et le plus général de tous les sens, c'est le *toucher* ; on peut dire que tous les autres ne sont que des especes dont il est le genre. Quand nous entendons le son de la voix ou de quelque instrument, cette sensation n'est autre chose qu'un ébranlement causé à une certaine partie de l'oreille par le contact de l'air, qui est lui-même agité par le corps sonore. Quand nous voyons quelque objet, c'est que la lumiere qui vient de lui à nous, frappe le fond de l'œil. Ainsi, *goûter*, *voir*, *entendre*, *sentir les odeurs*, c'est, à proprement parler, être touché en telle ou telle partie du corps par une certaine matiere : au lieu que le toucher, que nous regardons comme le premier sens, consiste à recevoir sur telle partie sensible du corps que ce puisse être, l'impression d'une matiere

quelconque ; les autres sens ont des organes et des objets qui leur sont propres, celui-ci occupe toute l'habitude du corps animé, et s'étend à tout ce qui est palpable. Il a encore cet avantage sur eux, d'être en même temps actif et passif ; non-seulement il nous met en état de juger de ce qui fait impression sur nous, mais encore de ce qui résiste à nos impulsions : nous pouvons appliquer l'organe à l'objet, et c'est par ce tact que nous nous assurons le plus souvent de l'état des corps qu'il nous importe de connoître.

Les corps que nous touchons ou qui nous touchent, font sur nous des impressions différentes, selon leur grandeur, leur figure, leur consistance, le degré ou l'espece de leur mouvement, leur température, etc. et l'on a donné à toutes ces différentes manieres de toucher, des noms qui expriment ou l'action des corps sur nous, ou notre action sur eux : *heurter*, *piquer*, *pincer*, *gratter*, *chatouiller*, sont autant d'expressions qui désignent ce que différens corps nous font sentir en conséquence de leur

masse, de leur forme ou de leur maniere de se mouvoir : *froid*, *chaud*, *dur*, *mol*, *sec*, *mouillé*, dénotent d'ordinaire le sentiment qu'excite en nous une matiere que nous tâtons, par l'état actuel des parties qui composent sa masse. Comme les sensations du toucher peuvent varier à l'infini, par la variété même de l'objet, par l'étendue et la disposition de l'organe, et par les différentes manieres dont l'un est applicable à l'autre, il s'en faut bien qu'elles soient toutes caractérisées par des noms propres : ceux que nous venons de rapporter, et plusieurs antres que nous omettons, ne sont, pour ainsi dire, que des termes génériques, par lesquels on fait connoître, à l'aide de quelque circonlocution, les différentes especes qui peuvent s'y rapporter ; on désigne par exemple, par *chatouillement*, ce que l'on sent dans la gorge lorsqu'une légere âcreté excite la toux ; on dit qu'un remede *pince*, pour faire entendre qu'il laisse des impressions sur les parties qu'il affecte.

Quoique l'objet du toucher soit pour l'ordinaire hors de nous-mê-

mes, les différentes parties du même corps ne laissent pas que d'agir réciproquement les unes sur les autres, tant au dehors qu'au dedans. Quand la main touche le pied, elle fait naître deux sensations : elle est en même temps l'objet de l'une et l'organe de l'autre. Pour ce qui se passe à l'intérieur et sans interruption, l'habitude nous en dérobe le sentiment ; l'action des fluides sur les solides du corps animé, par exemple, ne devient sensible que quand elle apporte quelque changement à l'état naturel ; et alors nous éprouvons ce qu'on nomme *langueur*, *foiblesse* ou *douleur*.

On peut dire en général que les nerfs sont, dans chaque organe, la partie la plus essentielle, celle où l'action de l'objet se termine, et après laquelle nous n'appercevons plus rien de mécanique : le fond de l'œil où s'accomplit la vision, n'est qu'une expansion du nerf optique ; la lame spirale du *limaçon*, qu'on regarde comme la pièce qui a le plus de part aux fonctions de l'oreille, est un composé de fibres nerveuses ; et l'organe du toucher se trouve dans toute

II. LEÇON.

l'étendue de la peau, et sur-tout à la surface extérieure, où l'on sait qu'aboutissent tous les petits nerfs qui forment la plus grande partie de ce tissu. Ce sont ces petits mammelons dont l'arrangement forme des sillons vers l'extrémité des doigts, où le tact est ordinairement plus fin qu'ailleurs. Un habile Anatomiste * a donné il y a environ 15 ans, une description très-concise et très-intelligible de la peau, dans un ouvrage écrit *ex professo* sur les sens, et dont je crois la lecture très-utile à ceux qui voudront sur la matiere présente des instructions plus détaillées que celles qui peuvent être placées ici.

* *M. le Cat. Traité des Sens, p. 207.*

Ce qui prouve incontestablement que les nerfs ont plus de part au toucher qu'aucune autre partie, c'est que ce sens exerce ses fonctions plus ou moins parfaitement, selon l'état actuel de ces petites houpes nerveuses qu'on apperçoit à la superficie de la peau, et qui ne sont couvertes que par l'épiderme, *Fig.* 11 : qu'une brûlure les désseche, qu'une matiere étrangere les couvre, qu'un trop grand froid les contracte, ou les empêche de s'épa-

nouir ; la partie où ils sont perd le sentiment, et ne le reprend que quand ces accidens cessent. Les maladies des nerfs qui ne vont pas jusqu'à détruire leur économie, sont aussi les plus aiguës, parce qu'elles attaquent immédiatement l'organe des sensations ; l'engourdissement et la paralysie qui suspendent ou qui arrêtent leurs fonctions, causent pour l'ordinaire l'insensibilité.

Des accidens, des maladies, la vieillesse, nous privent souvent des autres sens. On voit assez fréquemment des aveugles, des sourds, des gens même en qui le goût et l'odorat sont presqu'entièrement usés : mais il est fort rare de trouver un homme universellement insensible ; on en apperçoit bientôt la raison, dès que l'on considere par combien d'endroits nous pouvons sentir les objets extérieurs comme résistans, en comparaison des parties organiques qui nous les représentent comme sonores, colorés, savoureux ou odorans. L'étendue du toucher est donc une ressource que la nature a ménagée à ceux qui, par quelque accident ou par vice de

II. LEÇON.

conformation, se trouveroient privés des autres facultés. Aussi voyons-nous des aveugles suppléer par le tact à l'usage des yeux ; et quoique le toucher ne soit pas à beaucoup près aussi délicat que les autres sens, lorsqu'il est employé par nécessité, et perfectionné par l'habitude, il fait presque des prodiges. Je ne voudrois pourtant pas garantir tous ceux que l'on raconte à cette occasion ; car tout ce qui tient du merveilleux, ne va gueres sans exagération.

Le Goût.

Comme l'accroissement et l'entretien des animaux dépendent de la nourriture qu'ils prennent, et du choix qu'ils en font, il étoit à propos que la nature les conformât de maniere à desirer d'eux-mêmes les aliments nécessaires, et à distinguer ceux qui leur conviennent : il falloit qu'ils sentissent le besoin de manger, et qu'ils eussent du plaisir à le satisfaire; car sans cette précaution, le soin de vivre eût été à charge. Jugeons-en par nous-mêmes : s'il n'étoit question

que de remplir un devoir, lorsqu'on se met à table, il faut convenir que les indigestions ne seroient pas communes, et qu'on verroit peut-être bien des gens périr d'inanition. L'Auteur de la nature a prévu ce désordre, et pour le prévenir, il a mis en nous-mêmes des motifs plus puissans que notre paresse. L'estomac à jeûn nous sollicite par la faim et par la soif; et la bouche qui fournit à ces deux appétits, se dédommage, par les saveurs qu'elle goûte, de la peine qu'elle prend de préparer les alimens pour la digestion.

Le goût consiste donc à sentir l'impression des matieres savoureuses, à les admettre ou à les rejetter, suivant les idées qu'elles font naître, et les jugemens qui s'ensuivent.

Les saveurs, objet du goût en général, viennent principalement des parties salines qui se trouvent dans toutes les matieres, tant animales que végétales, que l'on prend ou comme aliment, ou comme remedes. Ces petits corps anguleux et tranchans, sont plus propres que d'autres à pénétrer jusqu'à l'organe immédiat,

II. LEÇON.

et à s'y faire sentir. On peut en juger en mettant sur la langue quelque grain de sel pur; de quelque nature qu'il soit, il fait une impression très-forte; et l'analyse fait voir que, de tous les mixtes, ceux qui affectent le plus l'organe, sont les plus abondans en sels.

On ne connoît qu'un très-petit nombre de sels qui different essentiellement, ou dont les parties, divisées par l'eau, se montrent sous des figures constamment différentes. Delà il suit que les sensations du goût seroient peu variées, si les particules salines que les alimens contiennent, agissoient seules et sans mêlange sur l'organe; mais la nature les a mêlées avec d'autres principes qui ne sont point savoureux par eux-mêmes, qui n'agissent que comme objet du toucher en général, et dont le nombre et les doses se combinent à l'infini. L'eau, le terre, l'air, le souffre, l'huile, sont autant de matieres insipides que la nature a fait entrer dans presque tout ce qui sert de nourriture aux animaux. La bouche, en broyant ces alimens, fournit une lymphe qui

facilite la désunion des parties, et qui développe les principes; mais ce dissolvant n'a point autant de prise sur les uns que sur les autres, le soufre et l'huile, par exemple, ne cedent point à son action, comme la terre et l'eau; ainsi la partie saline ne se dégage jamais qu'imparfaitement, et à proportion de la dissolubilité de ce qui lui est étroitement uni.

Les saveurs les plus simples, et sur lesquelles on est le plus généralement d'accord, sont celles où les sels sont les moins mitigés par le mêlange d'autres matieres. Tout le monde connoît ce que c'est que *salé*, *aigre*, *doux*, *amer*, *âcre*, etc. Ces differentes sensations sont si marquées, qu'on les distingue d'abord; elles sont comme la base de toutes les autres qui deviennent d'autant plus difficiles à décider et à exprimer, qu'elles s'éloignent davantage de cette premiere simplicité. L'amer du café, par exemple, corrigé par la douceur du sucre, produit une sensation mixte; le suc des fruits mêlé à l'esprit-de-vin, prend un nouveau goût; celui des viandes change presque entiérement, et se

II. LEÇON.

déguise de mille façons différentes, comme on le fait, par un nombre infini de préparations et de mêlanges, dont la délicatesse a fait un art important et très-cultivé dans notre siecle.

Il en est de l'objet du goût, comme de celui du toucher : les saveurs mixtes dépendant de certains principes, dont l'assemblage est susceptible d'une infinité de combinaisons, il est impossible de les désigner toutes par des noms particuliers ; on les exprime en les comparant à quelque saveur plus simple, ou plus connue, on dit : *tel fruit est un peu âcre et amer* ; *tel poisson a le goût du brochet*, etc.

Quant à l'organe du goût, tous les Anatomistes conviennent qu'il est principalement dans la langue ; un grand nombre d'entr'eux croient qu'il est dans tout l'intérieur de la bouche, et plusieurs l'étendent jusqu'à l'œsophage, et même jusqu'à l'estomac. Il n'est guere possible de le borner à la langue seule ; chacun peut reconnoître par sa propre expérience, que les matieres savoureuses se font sentir, quoique plus foiblement,

au palais et au fond de la bouche ; mais ce qui décide la question, c'est qu'on a vu des gens qui n'avoient point de langue, et qui goûtoient les alimens. *

* Mém. de l'Académie, 1718, p. 6.

Mais c'est encore ici l'extrémité des fibres nerveuses, ces mammelons dont nous avons parlé précédement, qui sont l'organe immédiat : mais au lieu que pour la sensation du toucher, ils sont petits et recouverts par une surpeau assez unie, et d'un tissu un peu serré ; dans toutes les parties de la bouche, où on les observe, et sur-tout dans le langue, *Fig.* 12, ils sont plus gros, moins compactes, et comme enchassés dans une enveloppe ou gaîne fort poreuse, abreuvés d'ailleurs d'une lymphe qui entretient leur souplesse, et qui met la partie savoureuse des alimens en état de les toucher comme il convient pour se faire sentir : car elle la divise, elle la développe de maniere qu'elle lui donne le degré de ténuité nécessaire pour s'insinuer par cette peau très-poreuse, qui couvre les petites houpes nerveuses sur lesquelles l'impression doit se faire.

II. LEÇON.

L'organe du goût se gâte et s'use comme les autres, par un usage immodéré de son objet : les saveurs fortes, comme les liqueurs spiritueuses, et ces ragoûts étudiés si fort à la mode aujourd'hui, diminuent beaucoup la sensibilité des parties qui en souffrent fréquemment l'impression : l'expérience fait voir que des gens du peuple qui s'accoutument à boire de l'eau-de-vie, trouvent le vin insipide, et ne s'en soucient plus. On sait au contraire que les buveurs d'eau ont pour l'ordinaire le goût plus délicat et plus fin que d'autres. Cette boisson, qui n'a presque point de saveur, conserve à l'organe toute sa sensibilité, parce qu'elle n'est point capable d'en altérer la texture. La maladie ou le grand âge peuvent aussi causer du désordre dans cette partie : au commencement d'une convalescence, il arrive assez souvent qu'on ne trouve point de goût aux aliments, parce qu'il reste encore quelque humeur vicieuse qui engorge les pores par où doivent passer les particules savoureuses ; ou parce que les accidents qui ont précédé, ont causé quelque

altération à l'organe même, qui n'est point encore revenu à son état naturel. Mais insensiblement je passe les bornes de mon dessein; c'est à la Médecine et à l'Anatomie qu'il convient d'ajouter ce qui peut manquer ici; peut-être en ai-je déja trop dit.

L'Odorat.

L'ODORAT, à qui nous donnons le troisieme rang parmi les sens, quand on commence par ceux qui sont en apparence les plus grossiers, pourroit être placé au second, si l'on avoit égard à l'ordre que la nature observe dans leur exercice; car ses fonctions précedent souvent celles du goût. Ce qu'on nous présente pour boire ou pour manger n'est guere admis, s'il n'a été examiné d'abord, et approuvé par ce sens; et les animaux qui n'ont le tact ni aussi familier, ni aussi fin que nous, décident par l'usage de nez de la qualité des aliments, sur-tout quand ils sont nouveaux pour eux, et qu'ils n'y voient pas extérieurement de ressemblance avec ce qui leur est déja connu. Il y a

II. LEÇON.

une si grand affinité entre le goût et l'odorat, tant par rapport à l'objet que par rapport à l'organe, que quelques Anatomistes ont regardé le dernier comme une partie ou comme un supplément du premier : et en effet, nous voyons que tout ce qui agrée à l'un, est naturellement ami de l'autre ; on est tenté de porter à la bouche les matieres qui exhalent des odeurs agréables, à moins qu'on ne leur connoisse des qualités nuisibles ; et si par hasard quelque aliment usité déplaît à l'odorat, il faut que l'habitude ou quelques motifs puissans l'emportent sur la répugnance qu'il ne manque pas de faire naître, sans quoi l'on s'en interdit l'usage sur le seul témoignage du nez.

Comme l'intérieur du nez communique avec la bouche, il arrive souvent que les sensations du goût s'allient et se confondent, pour ainsi dire, avec celles de l'odorat : cet effet arrive quand les saveurs sont spiritueuses et volatiles, et de-là vient encore une variété prodigieuse de sensations différentes, selon que l'odorat y a plus ou moins de part. Quand il y

participe un peu trop, comme son organe est plus sensible que celui du goût, celui-ci perd ses droits pendant quelques instans, & toute la sensation appartient à l'odorat. Qui est-ce qui ne sait pas ce qui arrive, lorsqu'on prend une dose de moutarde trop peu mesurée, ou lorsqu'on avale à longs traits de la bierre forte?

Il paroît que le principal objet de l'odorat sont les sels volatils, & que la variété des odeurs vient du mêlange & de la quantité des autres principes qui leur sont unis; car les sels fixes ne sont point capables de se porter à l'organe, & tout ce qui n'est point sel dans les mixtes, quoiqu'il soit volatil, semble insipide à l'odorat comme au goût. On observe au contraire que tout ce qui facilite l'évaporation des matieres où le sel volatil abonde, tout ce qui développe leurs principes, les rend aussi plus odorantes. Quand on cuit les viandes, l'action du feu divise les parties, les subtilise, & les met en état de s'exhaler, & alors les odeurs deviennent très-sensibles. Quand on mêle du sel ammoniac en poudre avec

II. LEÇON.

de la chaux vive, ou avec du sel de tartre, le volatil urineux se développe, s'éleve et se fait vivement sentir.

Par la même raison la fermentation ou la putréfaction, rend presque toujours odorantes les matieres qui ne le sont que peu ou point dans leur état naturel, & le plus souvent elle change la qualité des odeurs; car ces mouvements intestins donnent lieu aux parties de se déplacer & de se désunir. Si cette désunion ne va pas jusqu'à décomposer les molécules, et changer la nature du mixte qui commence à fermenter, il devient seulement plus odorant; parce qu'il s'exhale en plus grande quantité; mais si les principes même qui composent les parties intégrantes viennent à se séparer, non-seulement l'odeur en deviendra plus forte et plus pénétrante, parce que l'organe sera affecté par des parties plus subtiles; mais la sensation sera aussi d'une autre espece, parce qu'elle sera causée par des corpuscules d'une structure différente, où la partie saline, qui est le principal agent, sera plus

plus ou moins abondante, plus ou moins développée, un fruit qui se pourrit, la chair qui se corrompt, exhalent des odeurs de plus en plus désagréables, non-seulement parce qu'elles sont plus fortes mais aussi parce qu'elles sont plus fétides, à mesure que la corruption fait du progrès.

Les odeurs sont encore moins caractérisées que les saveurs; à peine convient-on de quelques sensations fondamentales dans ce genre; on se contente de rapporter les moins connues à celles qui le sont davantage, à la fumée du soufre, à celle du linge brûlé, à la vapeur de l'urine, à la violette, au citron, à l'ambre, &c. sans prétendre pour cela que ces différentes exhalaisons soient des odeurs simples.

Il faut que les corpuscules capables d'ébranler l'organe de l'odorat. soient susceptibles d'une prodigieuse divisibilité. On en peut juger par une expérience, & par quelques observations que nous avons rapportées dans la premiere Leçon, * pour prouver en général combien les corps sont divi-

* III. Expérience, p 27 et suiv.

II. LEÇON.

sibles. Ces petites parties exhalées flottent dans l'air, & c'est ce fluide qui les porte dans l'intérieur du nez où est l'organe, lorsque par la respiration nous le déterminons à prendre cette voie.

L'intérieur de nez est revêtu d'une membrane que les gens de l'Art nomment *pituitaire* : c'est un tissu composé pour la plus grande partie des fibres du nerf olfactif, qui est communément reconnu pour être le sujet des odeurs. Ces fibres nerveuses aboutissent à la superficie de la membrane en forme de petits mammelons sur lesquels se fait l'impression des corpuscules odorans. *Fig.* 13. Voilà en gros l'organe de l'odorat; un plus grand détail ne conviendroit point ici : ceux qui voudront être plus amplement instruits, trouveront de quoi se satisfaire dans le Traité de M. le Cat, que nous avons cité ci-dessus, dans l'exposition anatomique de M. Winslow, &c. Nous ajouterons seulement que les odeurs fortes & leur fréquent usage, endurcissent, pour ainsi dire, les petites houpes nerveuses auxquelles elles s'appliquent, & leur font perdre

ce sentiment délicat dont jouissent ordinairement les personnes qui n'usent point de tabac ni de parfums. On perd aussi pour un temps l'usage de ce sens, lorsqu'une humeur surabondante ou trop épaisse, au lieu d'abreuver l'organe autant qu'il convient seulement pour entretenir sa souplesse et sa sensibilité, engorge et gonfle toute sa substance; car alors non-seulement il n'est point dans son état naturel, et disposé à bien faire ses fonctions, mais l'air qui passe avec peine n'y porte pas la même quantité d'odeur : c'est ce qu'on éprouve, et qu'il est aisé d'observer, lorsqu'on a cette indisposition qu'on appelle *rhume de cerveau*.

Nous ne dirons rien ici de l'ouïe ni de la vue, parce que nous aurons occasion d'expliquer le mécanisme de ces deux sens, en traitant des sons et de la lumiere; il nous reste à terminer cette digression par quelques remarques qui se présentent encore à faire sur les sens en général considérés dans l'homme.

1°. Quoique suivant l'intention de la nature, chaque individu de notre

II. Leçon.

espece doive faire de ses sens l'usage pour lequel ils lui sont accordés, cependant il est indubitable que toutes ces facultés ne sont point au même degré de délicatesse dans tous les hommes. On en a vu * dont l'odorat étoit aussi fin que celui des chiens de chasse; d'autres distinguent les objets dans un lieu assez obscur, pour les dérober aux vues ordinaires; certains gourmets apperçoivent dans les ragoûts et dans les liqueurs, des différences qui échappent aux goûts communs. Un tel degré de perfection dans les sens, lorsqu'il ne s'y trouve pas au dépens de quelque avantage plus précieux, doit être regardé comme un bienfait de la nature; mais que la sensibilité de nos organes soit limitée, et que nos sensations n'aient pas toute l'étendue qu'elles pourroient avoir, ce n'est point un mal, et nous aurions tort de nous en plaindre : au contraire une délicatesse dans les sens beaucoup plus grande qu'elle ne s'y trouve communément, nous exposeroit à bien des incommodités, à moins qu'il ne fît en même temps une réforme dans

* *Journal des Savans. Avril 1667. Memoire de Trevoux, Fevr. 1725.*

les objets qui ont coutume de les affecter, et que nous ne changeassions aussi de maniere de penser. Trop de lumiere blesse nos yeux, tels qu'ils sont; s'ils étoient plus délicats, une clarté ordinaire seroit toujours excessive, et nous ne verrions jamais sans douleur. Seroit-il agréable de voir toujours les objets comme on les voit à l'aide du microscope? La plus belle peau ne nous paroîtroit jamais qu'un tissu mal uni, ou plein de rugosités; et le plus beau diamant ne nous montreroit que des faces mal dressées et peu symétrisées: il est aisé d'appliquer cette réflexion aux autres sens.

2°. Dans l'usage des sens, quoique l'organe soit suffisamment affecté par l'objet, il arrive souvent que la sensation n'a point son effet par rapport à l'ame. Combien de fois n'arrive-t-il pas qu'on a les yeux ouverts sur un objet éclairé, sans le voir? ou que l'on parle assez haut à quelqu'un qui n'est point sourd, et qui cependant n'entend pas ce qu'on lui dit? Tous les corps que nous touchons, ou qui nous touchent par hasard,

viennent-ils pour cela à notre connoissance ? C'est que pour connoître ce que l'on touche, il faut le tâter; pour entendre, il faut écouter; et pour voir, il faut regarder. Or tâter, écouter et regarder, ce n'est pas seulement laisser agir l'objet sur l'organe, c'est joindre l'attention de l'ame à l'exercice du sens qui est en fonction. Un homme distrait se comporte souvent comme un sourd, un aveugle, un insensible. Qui ne connoit pas les effets de la distraction ?

3.° Les sensations, comme nous l'avons déjà dit, font naître des idées, et ces idées sont agréables ou déplaisantes à l'ame qui les conçoit; mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que le même objet fait plaisir aux uns et déplaît aux autres. Quelques personnes aiment les amers, le plus grand nombre les déteste; certaines odeurs plaisent à ceux-ci, et sont insupportables à ceux-là, et c'est ce qui a donné lieu à cette maxime : *il ne faut pas disputer des goûts*. Il y a plus encore : ce qui me faisoit peine à sentir il y a quelques années, m'est agréable aujourd'hui. Tel qui a marqué de la

répugnance en buvant de la bierre, ou en prenant du tabac pour la premiere fois, en fait ses délices dans la suite; l'odeur du musc qui étoit de mode autrefois, fait maintenant mal à la tête à tout le monde. Les organes ne sont-ils pas à-peu-près les mêmes dans tous les hommes, et changent-ils d'un temps à l'autre dans le même individu ?

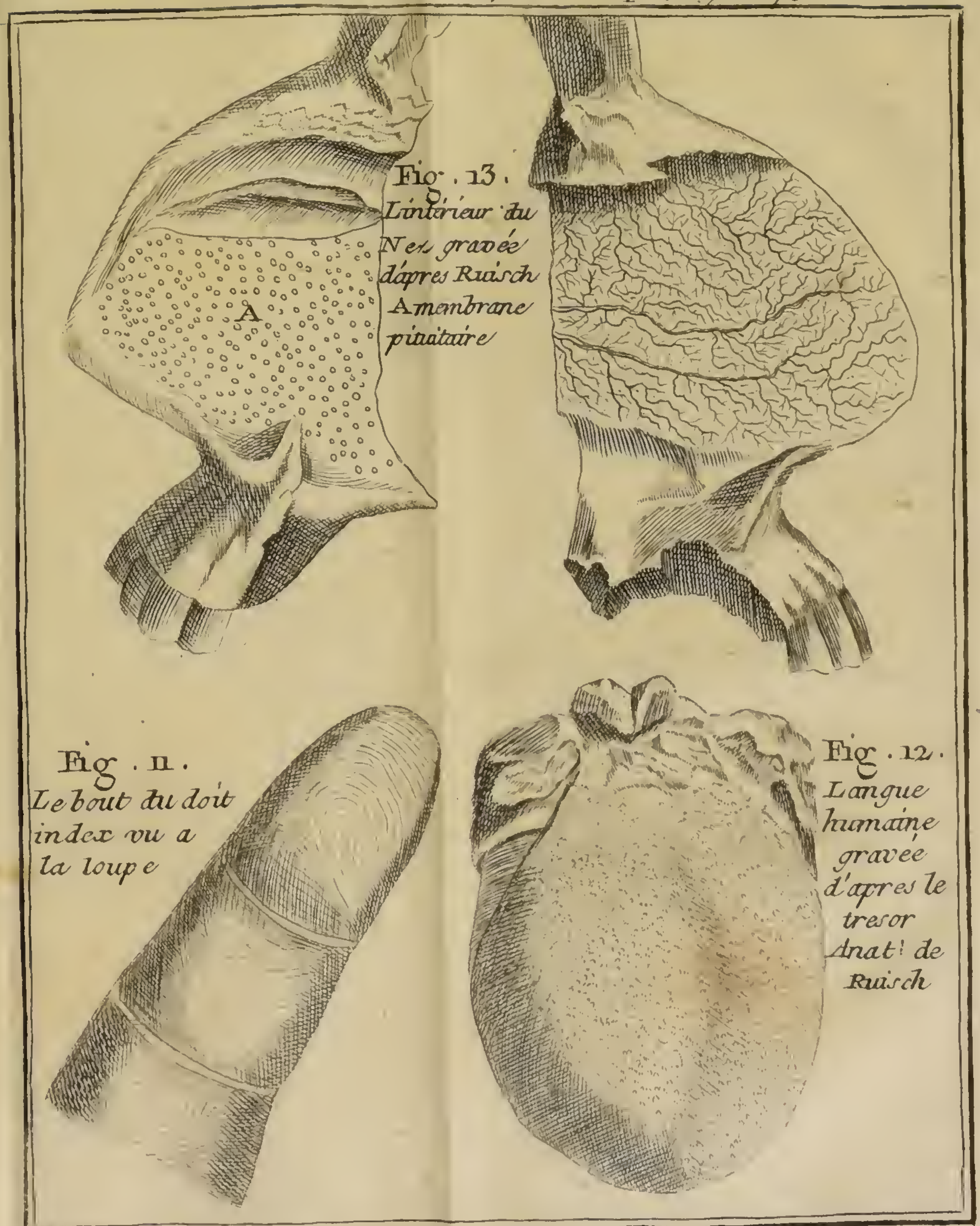
Puisque c'est une chose reconnue, que les parties organiques sont plus délicates, et par conséquent plus susceptibles des impressions dans certaines personnes que dans d'autres, et qu'une action immodérée de l'objet est capable de les blesser; il peut arriver que ce qui ne seroit qu'une sensation ordinaire pour les uns, devienne pour les autres une irritation violente, fâcheuse et inquiétante pour l'ame, qui veille à la conservation du corps, et qui désapprouve tout ce qui tend à déranger l'économie animale.

Mais il faut convenir que l'imagination a autant de part qu'aucune autre cause à toutes ces variétés. Les objets nous plaisent ou nous causent de la répugnance, selon les idées que

II. LEÇON.

nous y attachons; et ces idées dépendent beaucoup de l'habitude, de la mode et des préjugés. On a ouï dire à des gens que l'on croit de bon goût, qu'une telle matiere, lorsqu'on la brûle, produit une bonne odeur; en voilà assez pour la faire aimer quand on l'éprouvera. Le rapport des yeux présente d'abord les huîtres sous des similitudes dégoûtantes; mais peu-à-peu ces premieres idées s'affoiblissent et cedent à d'autres plus flatteuses qu'on a conçues en y goûtant; ainsi comme les sensations dépendent en partie de la disposition de l'organe, les jugemens qui s'ensuivent, tiennent beaucoup aussi de celles de l'ame.




Fig. 13.
L'intérieur du
Nez gravée
d'apres Ruisch
A membrane
pituitaire
A
Fig. 11.
Le bout du doit
index vu a
la loupe
Fig. 12.
Langue
humaine
gravee
d'apres le
tresor
Anat! de
Ruisch





III. LEÇON.

De la Mobilité des Corps; du Mouvement, de ses propriétés et de ses loix.

PREMIERE SECTION.

De la mobilité des Corps.

Il ne faut point confondre la *mobilité* avec le *mouvement*; ce sont deux choses tout-à fait différentes. La premiere est une propriété commune à tous les corps; l'autre est un état hors duquel on les considere souvent, et qui ne leur est point essentiel. Je me représente quelquefois telle ou telle matiere comme étant en repos; mais je conçois toujours qu'elle peut recevoir le mouvement qu'elle n'a pas.

La mobilité est fondée sur certaines dispositions, qui ne se trouvent pas au même degré dans tous les corps;

III. LEÇON.

c'est ce qui fait que les uns sont plus mobiles que les autres ; c'est-à-dire, qu'il faut employer moins de force pour les faire passer du repos au mouvement. Les principales de ces dispositions sont la figure, le poli de la surface, et la quantité de matiere contenue sous le volume d'un corps qu'on peut mouvoir.

Pour concevoir ceci facilement, représentons-nous d'abord deux masses de verre, d'ivoire, etc. d'égal poids, dont l'une soit un cube, et l'autre une boule, toutes deux posées sur une table. Ces deux corps ne différeront que par la figure, et cela suffira pour rendre le dernier beaucoup plus propre que le premier à recevoir et à conserver le mouvement. Donnons-leur maintenant la même figure, et ne changeons rien à l'égalité de leurs masses ; mais imaginons seulement que la surface de l'un est raboteuse, et que celle de l'autre est unie : cette différence rendra celui-ci plus mobile ; une moindre force le fera mouvoir sur un plan solide ou dans un fluide. Enfin supposons deux corps bien semblables par leur figure et par

le poli de leurs surfaces, mais différents par leurs quantités de matiere; une bille d'ivoire, par exemple, et une autre de plomb, de même diametre, suspendues de même, ou posées sur le même plan horizontal et fort droit; ne faudra-t-il pas frapper celle-ci plus fortement que l'autre, pour la mouvoir? et la même force imprimée à l'une et à l'autre, ne trouvera-t-elle pas moins de résistance dans la plus légere que dans la plus pesante?

Cette résistance au mouvement, qu'on apperçoit dans tous les corps, ayant égard seulement à leur masse, se nomme *force d'inertie*: elle est, ainsi que la pesanteur, proportionnelle à la quantité de matiere propre de chaque corps. Mais quoique ces deux forces aient cela de commun entre elles, on ne peut pas dire qu'elles soient la même chose; il y a des preuves du contraire: la pesanteur, comme nous le verrons dans la suite, exerce toujours son action de haut en bas, et, autant qu'elle peut, perpendiculairement à l'horison; mais la force d'inertie résiste au mouvement,

III. LEÇON.

dans quelque sens qu'on fasse effort pour mouvoir un corps.

Pour nous faire une idée juste de l'inertie, représentons-nous l'expérience proposée par M. Newton, *Fig.* 2. Imaginons un corps d'une grandeur et d'un poids determinés ; par exemple, une boule de plomb pesant une livre, suspendue librement par un fil fort long dans un air tranquille, et une autre boule de plomb semblable, pareillement suspendue, qui va heurter la premiere avec quatre degrés de mouvement. Si la boule en repos ne faisoit aucune résistance à celle qui vient la heurter, après le choc, on les verroit toutes deux se mouvoir avec quatre degrés de mouvement. Car pourquoi le mouvement diminueroit-il dans la boule qui choque, s'il n'y avoit point de résistance de la part de celle qui est choquée ? et par quelle raison la boule déplacée ne le seroit-elle pas selon toute l'étendue du mouvement qui la pousse ? Mais l'expérience fait voir autre chose ; la boule en repos reçoit de celle qui la frappe une portion de son mouvement ; et cette derniere perd dans le

choc ce que l'autre paroît avoir acquis. Un corps en repos fait donc une résistance réelle à l'effort qui tend à le mouvoir. Il y a plus encore; si la boule en repos, *Fig.* 2, pese 30 ou 40 livres, l'autre qui n'a plus alors qu'une masse beaucoup moindre, avec le même effort, ne la porte pas aussi loin que dans le cas précédent; cependant si pour mouvoir un corps quelconque, il ne s'agissoit que de lui faire perdre son état de repos, le mouvement communiqué seroit le même dans une grosse que dans une petite masse. Il y a donc quelque chose de plus à vaincre, qu'une seule privation de mouvement.

Dira-t-on que la boule en repos ne résiste que parce qu'elle est appuyée par l'air qui l'environne, et qu'il faut qu'elle déplace, pour changer de lieu?

Mais, 1°. les corps qui se choquent dans le vuide, font voir la même chose que dans l'air; ou s'il y a des différences, elles ne sont pas sensibles.

2.° La résistance de l'air fait elle-même partie de la question présente; car il s'agit de l'inertie des corps en général. Si l'air en qualité de matiere,

III. LEÇON.

fait résistance au mouvement des corps qui tendent à le déplacer, et qu'on en convienne, l'inertie est prouvée.

3.° Si la résistance que fait la boule en repos, venoit uniquement de celle de l'air, sur lequel elle s'appuie; pour résister une fois plus, il faudroit qu'elle répondît à un volume d'air une fois plus grand : mais le fait est qu'il suffit de doubler le poids de la boule, et tout le monde sait qu'un solide sphérique pour avoir le double de masse, ne reçoit pas une surface deux fois aussi grande que celle qu'il avoit.

Seroit-ce donc la pesanteur de la boule suspendue qui s'opposeroit à son déplacement ? De quelque longueur qu'on suppose le fil, dira-t-on, si le corps grave qu'il tient suspendu, est libre, il le tiendra tendu dans une situation verticale, et se placera au point le plus bas que la suspension lui puisse permettre d'obtenir. Il suit delà, que si on le force d'en sortir, en quelqu'endroit qu'on le porte à l'entour, il sera plus haut; et qu'il faudra, pour l'y porter, vaincre sa pesanteur qui fait effort pour le retenir où il est.

Cette objection est spécieuse, mais elle ne fera jamais conclure que la force d'inertie & la pesanteur sont la même chose dans les corps, à quiconque fera attention que dans les boules suspendues des expériences citées, la résistance est toujours proportionnelle aux masses considérées dans toute leur valeur; au lieu que la pesanteur, dans le temps du repos, est réduite à zéro par le fil qui suspend la boule, et qu'elle n'agit presque pas, lorsque cette même boule se meut, si le fil est fort long, comme on le suppose, et qu'on ne fasse décrire que de petits arcs.

Pour rendre ceci plus intelligible, supposons la boule en repos au bout du fil qui la tient suspendue; alors tout l'effort de sa pesanteur est vaincu par la résistance du point de suspension : si on la pousse avec le doigt dans un arc de cercle, à mesure qu'elle s'éloigne du lieu de son repos, on sent qu'elle pese de plus en plus sur la main qui la dirige, de maniere que si le fil devient horizontal, elle fait sentir tout son poids; et quand on la conduit en descendant par le même arc de

III. LEÇON.

cercle, on sent décroître proportionnellement l'effort de la pesanteur, jusqu à ce que le fil soit vertical, et que le point de suspension soit chargé de tout. On conçoit donc que la boule en question ne résiste comme pesante, que quand le fil n'est plus vertical, quand elle a passé du lieu le plus bas à un autre plus élevé; ce déplacement doit donc précéder absolument la résistance ou l'effort qui vient de la pesanteur; mais pour opérer ce déplacement, il faut employer une force réelle, capable de vaincre et de transporter toute la masse de cette boule; car si cette force qu'on emploie est trop petite, elle n'est pas moins une force réelle, et cependant elle n'a point l'effet qu'on demande sur un corps solide dont les parties sont liées. Ainsi la boule suspendue a donc fait une résistance qu'il a fallu vaincre avant que sa pesanteur pût se faire sentir.

De plus les fluides résistent aussi bien que les autres corps. Quand un solide se meut dans l'eau, en suivant une direction horizontale, on ne peut pas dire que la résistance qu'il éprouve,

vienne de la pesanteur du milieu, puisque toutes les parties de ce milieu qu'on suppose homogenes, sont en équilibre entr'elles, et qu'on n'a rien à attendre de leur pesanteur, quand on les transporte selon une direction qui lui est tout-à-fait indifférente; telle qu'on la suppose.

Enfin, la force d'inertie se rencontre dans les corps en mouvement, comme dans ceux qui sont en repos; celui qui se meut avec deux degrés, n'en reçoit un troisieme que par un nouvel effort qu'il faut faire pour le lui donner; la même résistance qu'il oppose à la premiere force qui lui ote son repos, il l'emploie également contre celle qui veut ajouter à son nouvel état : c'est pourquoi après avoir rapporté les expériences qui prouvent la force d'inertie dans les corps en repos, j'en ajouterai une qui me paroît décisive, et qui ne permet pas de confondre les effets de l'inertie avec ceux de la pesanteur.

⚜

III. LEÇON.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 3, porte environ à 6 pieds de hauteur deux billes d'ivoire *A*, *B*, d'un pouce de diametre chacune, et attachées ensemble avec un peu de cire : le marteau *D* qui est de même matiere, est mené par un ressort que l'on tend plus ou moins, et qui se détend quand on tire le cordon *E*, pour faire frapper le marteau sur une des deux billes.

EFFETS.

L'une des deux billes d'ivoire *B*, ayant été frappée par le marteau, se détache de l'autre *A*, et la précede en tombant.

EXPLICATIONS.

Si les deux billes seulement détachées l'une de l'autre, n'obéissoient qu'à leur pesanteur, comme on suppose qu'elles commencent à tomber en même tems, qu'elles sont en tout semblables et dans le même air, il est indubitable qu'elles arriveroient

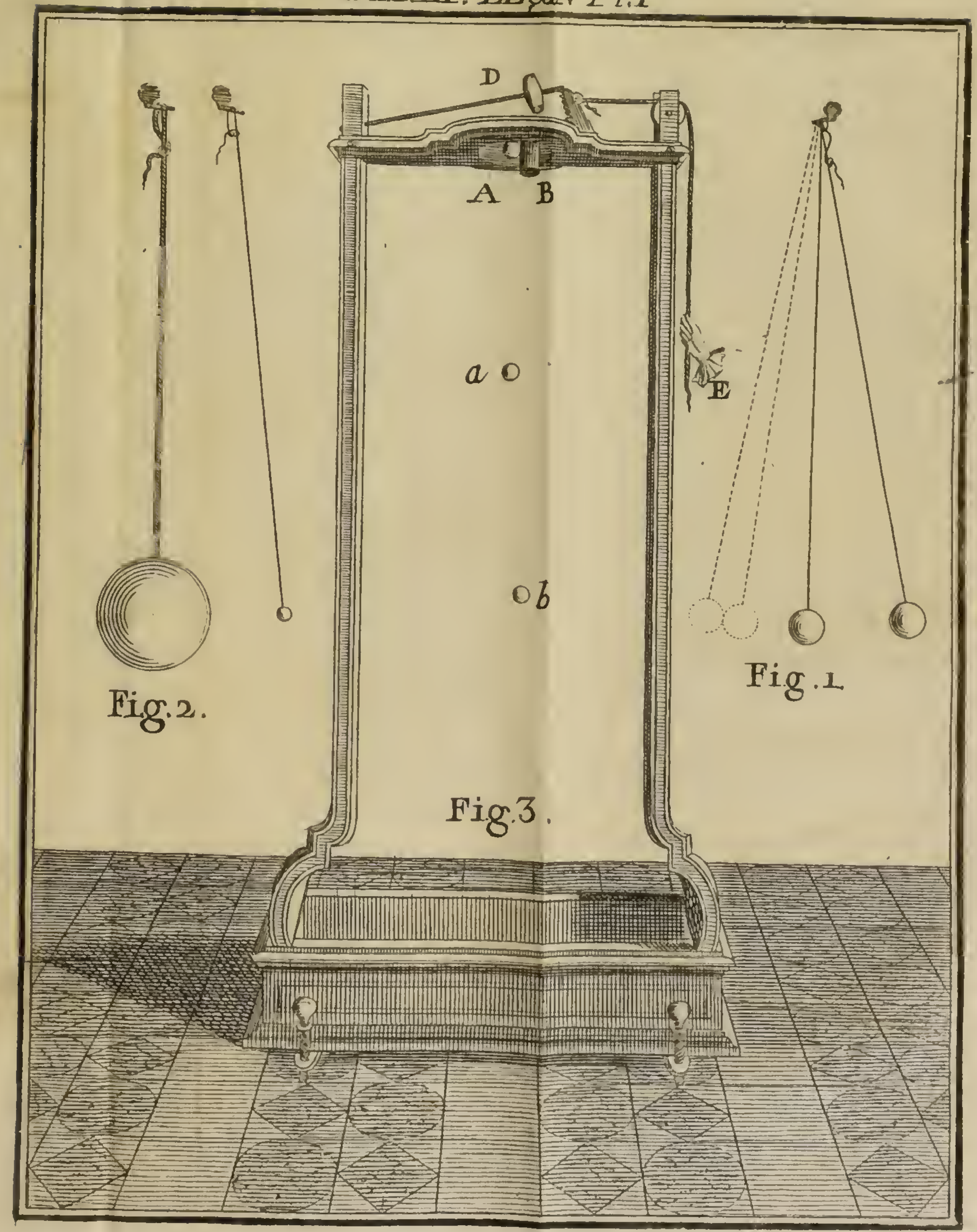
ensemble sur le plan qui termine leur chûte : mais l'une des deux ayant reçu un coup de marteau, qui ajoute à l'effort de sa pesanteur, obéit encore à cette nouvelle impulsion, dont l'effet est de la faire précéder l'autre; et cette pression est d'autant plus prompte, que le coup de marteau a été plus grand. Voilà un nouvel effet qu'on ne peut attribuer à la pesanteur, puisque pour faire naître cet effet, il faut employer une cause particuliere, sans laquelle il est nul, et dont il suit exactement les proportions. Or tout ce qui anéantit une force active, s'appelle résistance : un corps qui tombe librement, résiste donc à un mouvement plus prompt que celui de sa pesanteur, et ne le reçoit que d'une autre puissance dont l'action est susceptible de plus et de moins.

APPLICATIONS.

Une pierre que l'on jette avec la main contre un arbre de médiocre grosseur, y cause souvent une émotion qui passe sensiblement jusqu'aux branches, et retombe au pied du même

III.
LEÇON.

arbre, où elle demeure sans mouvement : une pareille pierre, lancée contre un rocher isolé, retombe de même, et ne laisse appercevoir aucun signe de mouvement communiqué : on voit tout d'un coup la cause de cette différence, si l'on fait attention que tout ce qui est matiere, oppose son inertie au choc des autres corps, et que cette force par laquelle il résiste au mouvement, est toujours proportionnelle à sa masse. En supposant que la pierre portât successivement le même effort contre l'arbre et contre le rocher; le premier, comme ayant beaucoup moins de matiere, a fait une résistance trop foible pour consumer entièrement la force qui l'a sollicité à se mouvoir sans être un peu déplacé; et ce déplacement a été sensible par l'agitation des branches : l'autre ayant une masse beaucoup plus grande, a fait une résistance complette, victorieuse (pour ainsi dire); et l'effort de la pierre distribué à un certain nombre de ses parties, n'a pas suffi pour s'étendre à toutes d'une maniere sensible, et pour mouvoir le corps en son entier.


D
A
B
a
b
E
Fig. 2.
Fig. 1.
Fig. 3.

On a vu ci-dessus qu'une boule de plomb qui pese une livre, et qui va heurter une autre boule de même matiere et de même poids, lui donne une certaine quantité de mouvement; et qu'elle en donne moins, ou, pour parler plus exactement, qu'elle déplace moins une troisieme boule qui pese trente ou quarante fois autant. On en a conclu, comme on le devoit, que ce dernier corps ayant plus de matiere, résistoit davantage; delà il suit que plus il aura de masse, plus il aura de résistance; et qu'enfin il peut en avoir en telle quantité, que l'effort qu'il a à soutenir, ne suffise pas pour être distribué sensiblement à toutes ses parties. Cependant ce corps ne peut pas se déplacer, que toutes ses parties ne se meuvent en commun; c'est donc par cette raison que l'inertie des corps conserve les uns sensiblement en repos contre un effort qui met les autres en mouvement.

III. LEÇON.

II. SECTION.

Du Mouvement en général, et de ses propriétés.

ON appelle *mouvement* l'état d'un corps qui est actuellement transporté d'un lieu dans un autre, soit qu'on le considere en totalité, soit qu'on n'ait égard qu'à ses parties. Ainsi le bateau qu'on abandonne au courant de la riviere, est en mouvement, parce qu'il change continuellement de place ; et l'on ne peut point nier que les aîles d'un moulin ne se meuvent, quoiqu'elles tournent dans le même lieu, parce que chacune d'elles passe successivement par tous les rayons du cercle qu'elle décrit.

Toutes les fois qu'un corps se meut, il change de situation repectivement aux objets qui l'environnent de près ou de loin : un homme, par exemple, assis dans un carrosse ou dans un bateau qui le transporte, change continuellement de rapports, sinon avec les personnes qui l'accom-

pagnent, au moins à l'égard des differens lieux qu'il parcourt pendant son voyage.

Si j'apperçois à ma gauche ce que j'avois à ma droite, je puis donc conclure en toute sûreté, qu'il y a eu un mouvement réel; mais ce changement de rapport ne suffit pas seul pour m'apprendre si c'est moi qui ai passé du lieu que j'occupois, dans un autre. Car le même effet s'ensuivroit, quand j'aurois resté constamment en repos, pourvu qu'on eût déplacé ce que j'ai autour de moi. Que le soleil tourne en 24 heures autour de la terre, ou qu'en un pareil temps la terre tournant sur elle-même, présente successivement tous les points de sa surface à la lumiere de cet astre, c'est la même chose, quant aux apparences; et le systême qui attribue le mouvement réel à notre globe, pour expliquer les différens aspects du ciel, n'eût jamais été qu'une pure hypothèse, et ne l'emporteroit pas sur l'opinion contraire, s'il n'étoit appuyé d'ailleurs sur des raisons plus fortes que les positions relatives des corps célestes avec la terre.

III. LEÇON.

Il y a trois choses principales à considérer dans un corps qui se meut : sa *direction*, sa *vîtesse*, et la *quantité* de son mouvement.

La direction s'exprime par la ligne droite qu'un corps décrit, ou tend à décrire par son mouvement : car quoiqu'il parcoure un espace qui, outre sa longueur, a encore les autres dimensions qu'il a lui-même ; cependant comme si sa matiere étoit réduite en un point, on ne considère dans la direction que le chemin parcouru par ce seul point ; c'est pour cela qu'en nommant deux termes seulement, on fait connoître sans équivoque de quelle maniere le mobile se dirige ; comme quand on dit : *telle riviere coule de l'Est à l'Ouest* ; *tel objet passe de droite à gauche*.

Quand un corps commence à se mouvoir, c'est toujours par une ligne droite, qu'il suit autant qu'il peut ; et quand il est obligé de la quitter, il recommence à en décrire une autre de la même espece, qu'il n'abandonne encore, que quand on le force de se diriger autrement, mais toujours en ligne droite, comme nous

le

le ferons voir ci-après. Ainsi quand un mouvement se fait en ligne courbe, cette courbe n'est autre chose qu'une suite de petites lignes droites différemment dirigées. La fronde qu'on fait circuler, passe par une infinité de directions; et le cercle qu'elle décrit, peut être considéré comme un polygone d'une infinité de côtés.

On donne aux directions des corps qui sont en mouvement, autant de noms différents, qu'il en appartient aux positions relatives des lignes droites; on dit, par exemple, tel corps se meut *obliquement*, *parallelement*, *perpendiculairement*, etc. à l'horison, à tel ou tel plan. La direction de la pluie est oblique à l'horison, quand il fait du vent.

La vîtesse du mouvement se connoît par l'espace qu'un mobile parcourt, et par le temps qu'il emploie à le parcourir. Pour avoir une idée distincte de la vîtesse, il ne suffit pas de dire : Un homme a fait dix lieues; il faut encore accuser pendant combien d'heures il a marché.

De même quand il s'agit des vîtesses relatives, ce n'est point assez de com-

III. LEÇON.

parer le temps, ou les espaces seulement, pour savoir en quel rapport sont les vîtesses de deux corps, il faut diviser les espaces par les temps; et si l'on trouve, par exemple, qu'en temps égaux chacun d'eux ait parcouru une toise, on pourra conclure égalité de vîtesse; et l'inégalité au contraire, si l'un des deux emploie plus de temps à parcourir un espace donné, ou que dans un temps déterminé il ne parcoure pas autant d'espace que l'autre. Les aiguilles d'une pendule, ou d'une montre, font toutes deux le tour du cadran; elles parcourent le même espace; mais celle des heures emploie douze fois autant de temps que celle des minutes : la derniere a douze fois autant de vîtesse que la premiere; ou bien en prenant le tems de douze heures pour la mesure commune, on verra, en comparant les espaces parcourus, que l'aiguille des minutes fait douze fois le chemin que celle des heures ne parcourt qu'une seule fois; ce qui revient au même.

On confond assez souvent la vîtesse avec le mouvement; si l'on fait tourner

un morceau de liege une fois plus vîte qu'un plomb de pareil volume, on dit communément, que le liege a plus de mouvement. Cette expression n'est point exacte, et l'on verra bientôt que le plus et le moins de mouvement ne vient pas seulement du degré de vîtesse. Cependant ceux même qui ne l'ignorent pas, se conforment quelquefois à l'usage; et l'on dit, un *mouvement uniforme*, *accéléré*, *retardé*, etc. quoique ces modifications doivent toujours s'entendre de la vîtesse.

La vîtesse *uniforme* est celle d'un corps qui parcourt des espaces égaux en temps égaux. Comme si la boule qui roule sur un plan, parcourt une toise dans la seconde, une autre toise dans une seconde suivante, une toise encore dans la troisieme seconde, et toujours de même; de façon que les temps et les espaces parcourus soient toujours égaux entr'eux. Cette uniformité se conçoit aisément comme possible; mais dans l'état naturel elle ne se rencontre presque jamais, à cause des obstacles inévitables dont nous parlerons ci-après.

III. LEÇON.

On appelle vîtesse *accélérée* celle d'un mobile qui dans des temps égaux mesure des espaces qui vont toujours en augmentant, ou bien des espaces qui sont égaux entr'eux, dans des temps qui décroissent de plus en plus : comme une pierre qui tombe librement, et qui va plus vîte vers la fin de sa chûte qu'au commencement.

Si, tout au contraire, des espaces égaux ne s'achevent que dans des temps qui augmentent de plus en plus; ou, qu'en supposant l'égalité des temps, les espaces parcourus aillent toujours en décroissant, cette vîtesse est celle qu'on nomme *retardée ;* telle est celle d'une bille qu'on fait rouler, et qui se rallentit peu-à-peu jusqu'au repos.

La quantité du mouvement s'estime par la masse et par la vîtesse prises ensemble, de manière qu'en multipliant l'une par l'autre, on peut savoir au juste quel est le rapport des mouvements des deux corps que l'on compare. Supposons, par exemple, qu'un des deux ait 100 grains de matiere, que l'autre en ait 500, et que tous deux se meuvent avec 4

degrés de vîtesse : la quantité du mouvement dans le premier sera 100 multiplié par 4, ce qui fera 400 ; et dans le dernier ce sera 500 multiplié par 4, le produit sera 2000 : ainsi ces deux quantités de mouvement comparées, seront entre elles comme 400 et 2000. On apperçoit aisément la raison pour laquelle on doit estimer ainsi la quantité du mouvement, quand on considere que toute la vîtesse avec laquelle on fait mouvoir un corps, appartient également à toutes les parties de sa masse ; car si je mets un tout en état de parcourir une toise en une seconde de temps, je détermine par-là sa vîtesse, mais je l'imprime, cette vîtesse, à toutes les parties qui composent ce tout ; de sorte que si après l'impulsion reçue, elles venoient à se désunir, on ne conçoit pas qu'aucune d'elles dût demeurer en repos ; on sent au contraire, qu'en obéissant toutes également à la même cause qui les a déterminées à se mouvoir, elles continueroient d'exécuter séparément ce qu'elles ont commencé en commun, en faisant abstraction néanmoins des obstacles qui aug-

III. LEÇON.

mentent en conséquence de la division, et que nous expliquerons ailleurs.

Un corps qui se meut peut en mouvoir d'autres ; et cette faculté est relative aussi à sa masse et à sa vîtesse ; de façon qu'on peut compenser l'une par l'autre. Car celui qui a peu de masse, fait autant d'effort avec beaucoup de vîtesse, qu'un autre en feroit avec moins de vîtesse, s'il avoit plus de masse. Avec un petit marteau qu'on fait agir promptement, on chasse aussi loin le même clou, qu'avec un plus gros qui tomberoit lentement ; une petite baguette ne blesse pas comme un bâton, quand bien même l'une et l'autre frapperoit avec la même vîtesse.

Le mouvement des corps, quand il est employé pour en mouvoir d'autres, soit qu'il tende à les mouvoir seulement, soit qu'il les meuve en effet, se nomme *puissance* ou *force motrice*.

On avoit toujours pensé que cette force en toutes sortes de cas indistinctement, devoit être évaluée comme la quantité du mouvement, par la

masse et par la vîtesse ; et en effet, qu'un corps sollicité à se mouvoir, se meuve réellement, ou bien qu'il soit retenu par des obstacles, on ne voit autre chose en lui que la vîtesse qu'il a ou qu'il auroit, multipliée autant de fois qu'il a de parties solides, ou (ce qui est le même chose) toute sa masse multipliée par sa simple vîtesse ; et l'on ne voit pas que des oppositions invincibles, ou la liberté d'agir, puissent rien changer à sa quantité de matiere, ni à l'impulsion qui a une fois réglé son degré de vîtesse.

Cependant plusieurs Philosophes très-célebres ont embrassé le sentiment de M. Léibnitz, qui le premier a établi une distinction entre la force motrice qui est vaincue par un obstacle, et celle qui agit contre une résistance qui cede. Ils appellent la premiere *force morte*, et ils conviennent qu'elle doit être évaluée, comme la quantité du mouvement, en multipliant la masse par la simple vîtesse. Quant à la derniere, qu'ils nomment *force vive*, ils prétendent que, pour l'estimer selon sa juste valeur, il faut multiplier la masse, non par la simple

III. LEÇON.

vîtesse, mais par le quarré de la vitesse, c'est-à-dire, par la vîtesse multipliée par elle-même. Si, par exemple, la vîtesse et 3, ce n'est point par 3 qu'il faudra multiplier la masse, mais par 9, qui est le produit de 3 multiplié par 3. Suivant cette opinion, un corps qui agit contre un obstacle avec 2 de masse, et une impulsion qui regle sa vîtesse à 4, n'a que 8 degrés de force, tant que la résistance est victorieuse ; mais si cette résitance vient à céder, la force à laquelle elle obéit devient vive, et de 8 elle s'éleve à 32.

On juge bien qu'un philosophe comme M. Léibnitz, et aussi versé qu'il l'étoit dans les mathématiques, ne s'est point déterminé légérement à introduire un principe aussi nouveau, et qui paroît d'une aussi grande importance pour la mécanique ; il l'a même annoncé par un titre qui marquoit sa confiance (1) ; et en effet il appuie sa théorie sur des expé-

---

(1) *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesi, et aliorum, etc.* Act. Erud. Leips. 1686. pag. 161.

riences & par des raisonnements si spécieux, qu'on ne doit point être surpris qu'il ait trouvé des défenseurs parmi les Physiciens les plus habiles & les plus éclairés. Mais l'on ne peut dissimuler aussi que le plus grand nombre révolté contre cette nouvèlle doctrine, l'a regardée comme un paradoxe; & qu'après de longues discussions, la plupart ont pensé qu'il falloit plutôt chercher à concilier les phénomenes qui servent de preuves à l'opinion de M. Léibnitz, avec des principes connus & généralement avoués, que d'admettre une nouveauté qui ne paroissoit point liée avec les idées claires & distinctes qu'on s'étoit faites jusqu'alors du mouvement des corps.

Nous ne croyons pas devoir approfondir cette question dans un ouvrage où l'on ne s'est proposé que d'établir les principes les moins contestés : les pieces de ce fameux procès se trouvent mieux exposées que je ne pourrois le faire, dans plusieurs ouvrages imprimes & très-connus. Je n'en citerai que deux; l'un est le vingt-unieme & dernier Chapitre

d'un volume in-8°. imprimé en 1740, sous le titre d'*Institutions de Physique*, dans lequel Madame la Marquise du Châtelet a fait valoir avec toute la sagacité possible, tout ce qu'on peut dire en faveur des forces vives : l'autre est une *Dissertation sur l'estimation des forces motrices des Corps*, dans laquelle M. Mairan, qui en est l'Auteur, rappelle un Mémoire qu'il avoit lu en 1728 à l'Académie des Sciences & dans lequel il combat l'opinion des forces vives par des raisons bien fortes, & explique fort intelligiblement, & par les principes ordinaires, tout ce qui paroissoit ne pouvoir l'être qu'en admettant celui de M. Léibnitz.

Je ne dois pas omettre cependant (& c'est une des raisons qui me dispensent de m'étendre davantage sur cette question) que si les sentiments sont partagés sur la maniere d'évaluer la force des corps en mouvement, on est parfaitement d'accord sur le produit de ces forces, & sur les effets qui en doivent résulter. Ceux qui n'admettent point la distinction Léibnitzienne, conviennent cependant

avec les défenseurs des forces vives, que les effets sont quadruples de la part d'un corps qui se meut avec deux degrés de vîtesse, par comparaison à celui qui n'en a qu'un. Mais, disent-ils, ce n'est pas parce que 4 est le quarré de 2, que cet effet s'ensuit; c'est seulement parce que le mobile qui a deux degrés de vîtesse, fait un effort qui est répété deux fois autant que celui d'un corps qui se meut avec un degré de vîtesse. Et il faut avouer que si l'on fait entrer la considération du tems dans l'examen des faits qu'on apporte en preuves des forces vives, on se retrouve alors dans la route ordinaire, et le quarré des vîtesses n'a pas plus lieu pour l'estimation des forces qui ne sont que retardées par des résistances qui cedent, que pour évaluer celles qui agissent contre des obstacles invincibles.

Il suit de cet aveu et de sa restriction, que si l'affaire des forces vives n'est point une question de nom, au moins on peut dire qu'elle n'est pas d'une aussi grande conséquence qu'elle paroissoit devoir l'être pour la mécanique, et qu'on peut sans erreur

III. LEÇON.

estimer indistinctement dans la pratique, la force des corps par la quantité du mouvement, c'est-à-dire, par leur masse et par leur simple vîtesse actuelle, s'ils se meuvent réellement; et s'ils sont retenus par des obstacles invincibles, par leur tendance au mouvement, qui est comme la masse et leur vîtesse initiale, c'est-à-dire, celle avec laquelle ils commenceroient à se mouvoir, si l'obstacle cédoit.

Le *repos* est l'état opposé au mouvement; c'est donc celui d'un corps qui persévere dans les mêmes rapports de situations avec les objets qui l'environnent de près ou de loin. Je dis, de près ou de loin, pour faire entendre qu'il s'agit ici du repos absolu; et qu'on ne regarde pas comme tel, l'état d'un corps qui est emporté avec cè qui l'entoure, comme un homme qui voyage avec trois autres personnes dans la même voiture; car s'il est en repos relativement à ceux qui l'accompagnent, il ne l'est pas par rapport aux objets extérieurs.

Cette espèce de repos à qui nous

donnons l'exclusion, est peut-être le seul cependant qu'on doive admettre en parlant à la rigueur : car si tout le globe que nous habitons, tourne sans cesse sur son axe, & qu'il decrive un orbe autour du soleil, comme il est très-probable, il n'y a aucun corps sur sa surface qui ne participe au mouvement qui est commun à toutes ses parties ; & si quelque chose paroît en repos, ce n'est que relativement aux autres objets terrestres. Mais comme tout ce qui l'entoure à cet égard, s'étend autant que toute notre sphere, quand on ne compare que des corps terrestres entr'eux, on peut regarder comme absolu le repos de celui qui ne change point de situation respectivement à eux.

Le repos n'a pas ses degrés comme le mouvement, à moins qu'on ne le confonde avec la force d'inertie ; il est toujours tout ce qu'il peut être. mais il peut arriver, (& c'est une chose fort ordinaire qu'un corps soit en repos considéré comme un tout, & que ses parties soient dans un mouvement actuel. Un bloc de marbre qui s'échauffe à l'ardeur du soleil, ne

change point de place ; mais toutes ses parties sont agitées ; car tous les Physiciens conviennent qu'un des principaux effets de la chaleur est de mettre en mouvement les parties de la masse sur laquelle elle agit.

III. SECTION.

Des loix du Mouvement simple.

On appelle *loix du Mouvement* certaines regles, suivant lesquelles tous les corps se meuvent généralement et constamment, lorsqu'ils obéissent à quelque force motrice.

Le mouvement *simple* est celui d'un corps qui n'est déterminé à se mouvoir que vers un seul point. Tel est celui d'un homme qui glisse en ligne droite sur un canal glacé, ou celui d'un corps grave que son propre poids fait descendre par une ligne perpendiculaire à l'horison : un tel mouvement est l'effet d'une seule impulsion ou de plusieurs qui se succedent dans la même direction.

Premiere Loi du Mouvement simple.

TOUT *corps qui est une fois mis en mouvement, continue de se mouvoir dans la direction, et avec le degré de vîtesse qu'il a reçu, si son état n'est changé par quelque cause nouvelle.*

C'est à-dire, que s'il quitte la ligne droite qu'il a commencé à décrire, si sa vîtesse se rallentit ou s'accélere, ces changements viennent d'une cause particuliere qui le détermine autrement, qui ajoute ou qui retranche à son mouvement sans quoi la premiere cause ne cesseroit d'avoir pleinement son effet. Car pourquoi son état changeroit-il ? La force d'inertie qui l'a retenu, tant qu'elle a pu, dans son repos, et qu'il a fallu vaincre, pour lui faire prendre du mouvement, le fait résister ensuite, autant qu'elle peut, à toute variation, et cette résistance doit être vaincue de nouveau par une force positive, avant qu'on apperçoive aucun degré de plus ou de moins dans l'état du mobile.

Mais pourquoi la nature s'est-elle fait une loi qui n'a jamais son effet ?

ou plutôt, comment avons-nous pu assigner aux corps qui se meuvent, une constance de direction ou de vîtesse, qui ne représente pas la nature ? Quelqu'un a-t-il jamais vu un mouvement sans altération, et qui se perpétuât sans avoir besoin d'être réparé? Le corps le plus mobile et le plus violemment agité, ne revient-il pas au repos après un temps plus ou moins long ?

Il faut avouer que nous n'avons en notre disposition aucune expérience qui prouve directement, et d'une maniere positive, l'énoncé de cette premiere loi.

Mais, 1°. nous avons fait voir ci-dessus, qu'un corps en tel état qu'il soit, tend à y persévérer, par une force que nous avons nommée *inertie*. Ce principe suffit pour établir la loi dont il s'agit, puisqu'en faisant abstraction de toute résistance étrangere, lorsqu'une fois un corps est en mouvement, on ne voit plus rien en lui qui résiste à l'impulsion qu'il a reçue, ni qui détruise l'inertie qui s'oppose à son changement d'état.

2°. S'il est vrai que les corps per-

dent toujours leur mouvement après un certain temps, il n'est pas moins vrai qu'on connoît toujours des obstacles qui le leur font perdre ; et parce que des résistances inévitables (quoique étrangeres) font cesser le mouvement d'un corps, seroit-ce une raison pour conclure que le mouvement est de nature à ne pouvoir subsister ? Ne doit-on pas plutôt juger tout le contraire, de cela même qu'il faut absolument des résistances positives pour le faire cesser ? Voyons donc quelles sont les causes qui font cesser le mouvement, et choisissons par préférence celles qui sont tellement liées avec l'état naturel, qu'elles ne peuvent être évitées.

1.° Dans quelque endroit et de quelque maniere qu'on fasse mouvoir un corps, il se trouve toujours dans quelque fluide, qui, à cet égard, se nomme *milieu*, et qu'il est obligé de pousser sans cesse devant lui pour se faire un passage ; et comme ce milieu est matériel, il fait une continuelle résistance au mobile qui tend à le déplacer. Celui-ci ne peut donc continuer de se mouvoir, qu'en employant

III. LEÇON.

à chaque instant une partie de son mouvement, pour vaincre cette résistance ; ainsi après un certain temps, il l'a tout employée, et se trouve réduit au repos.

2.° Tous les corps étant pesans, aucun d'eux ne peut se mouvoir dans une direction différente de celle qui est propre à la pesanteur, s'il n'est soutenu par une suspension ou par un plan ; ou bien il glisse dans quelque fluide qui le touche de toutes parts. De quelque maniere qu'on s'y prenne, il faut toujours qu'il passe par les différens points de la surface du plan qu'il parcourt, ou du milieu qu'il divise, ou que les pieces qui le suspendent fassent la même chose l'une sur l'autre. Cette application successive de surface à surface se nomme *frottement*, et il résiste encore au mouvement; car la superficie des corps n'est jamais parfaitement unie ; les parties hautes de l'une s'engagent dans les cavités de l'autre ; ce qui fait qu'elles ne glissent qu'avec quelque difficulté.

La résistance des milieux et celle qui vient des frottemens, sont donc

des causes qui empêchent que la premiere loi du mouvement n'ait un plein effet, parce qu'étant inévitables dans l'état naturel, il en résulte des résistances qui détruisent indispensablement une partie de la vîtesse des corps à chaque instant.

Toute machine que l'on fait mouvoir, n'exerce donc jamais sur la résistance qu'on s'est proposé de vaincre tout le mouvement qu'elle a reçu, puisque les choses dont nous venons de faire mention, en consument nécessairement une partie. Comme il est important de savoir ce qui doit lui en rester après cette déduction, nous allons exposer ici ce qu'on doit principalement considérer quand on veut évaluer les résistances qui naissent, ou des frottemens, ou des milieux.

ARTICLE PREMIER.

De la résistance des milieux.

Les milieux, quoique fluides, résistent comme les autres corps par leur inertie qui s'oppose à leur déplacement; mais l'inertie, comme nous

III. Leçon.

l'avons déjà dit, est toujours proportionnelle à la masse : toutes choses égales d'ailleurs, plus le milieu a de densité, plus il fait de résistance.

Mais la masse des corps ne dépend pas seulement de leur densité, elle dépend aussi de leur grandeur ; car une pinte d'eau pese plus qu'une chopine de la même eau : ainsi le même milieu en pareilles circonstances, résiste à proportion de la quantité qu'on en déplace ; et cette quantité doit être mesurée par la surface antérieure du corps qui s'y meut, et par l'espace qu'on lui fait parcourir. Si je divise l'eau ou l'air avec le plat de la main, à chaque instant j'en déplace beaucoup plus que si je les divisois en temps égal, seulement avec le tranchant de la même main ; et je trouve aussi plus de résistance.

La masse de cette portion du milieu qu'on doit déplacer, étant déterminée par sa densité, par la grandeur de la surface solide qui la pousse, elle doit l'être encore par la vîtesse du mobile ; car on conçoit bien que si je fais mouvoir ma main dans l'eau, de la longueur de deux pieds dans une

seconde, je déplace une plus grande quantité de fluide, que si dans un tems égal ma main n'avoit parcouru qu'un espace d'un pied. Or une plus grande quantité d'eau fait une plus grande masse qui résiste plus, et l'inertie s'oppose à une plus grande vîtesse, comme elle s'est opposée au premier degré qu'on a fait prendre au fluide qui cede. Les expériences suivantes feront preuve de ce que nous venons d'établir touchant la résistance des milieux, et acheveront d'éclaircir ce que nous en avons dit.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On a divisé en deux parties égales un espece de baquet ou d'auge, par une cloison qui s'étend d'un bout à l'autre, pour mettre de l'eau d'un côté, et laisser l'autre plein d'air seulement. Une double potence qui s'éleve sur le milieu de la cloison, suspend deux verges de la même longueur, aux bouts desquelles sont attachées deux boules de métal, qui sont semblables

III. LEÇON.

par leurs poids et par leurs volumes, et qui peuvent, lorsqu'on les met en mouvement, aller et revenir chacune dans la partie du baquet, à laquelle elle répond. Voyez la *Fig.* 4.

EFFETS.

Les deux boules partant en même temps avec des quantités égales de mouvement, celle qui se meut dans l'eau perd toute sa vîtesse en 4 ou 5 secondes, au lieu que l'autre, dont les balancemens se font dans la partie de l'auge qui ne contient que de l'air, conserve fort long-temps sa vîtesse, et ne la perd entierement qu'après un très-grand nombre de vibrations.

EXPLICATIONS.

Les deux boules étant de même métal et ayant des volumes égaux, comme on le suppose, ont nécessairement des masses égales; et lorsqu'elles commencent à décrire des arcs semblables aux bouts de deux verges d'égale longueur, leurs vîtesses sont aussi semblables, comme nous le ferons voir dans la suite. Ainsi, puisque

le mouvement se mesure par la masse et par la vîtesse, les deux boules de notre expérience commencent à se mouvoir avec pareilles quantités de mouvement. Dans le premier instant chacune d'elles déplace un égal volume du fluide dans lequel elle se meut; mais le volume d'eau déplacé par *F*, est d'environ 800 fois plus dense que l'air poussé par *G*. Ces deux mobiles ont donc déployé leurs forces sur des résistances bien inégales, puisqu'elles sont dans le rapport de 1 à 800; ainsi la boule *F* n'a pas pu passer outre, qu'elle n'ait consumé une partie de sa force, qui égale 800 fois celle que la boule *G* a perdu de la sienne. Ce qui se fait dans le premier instant, recommence dans l'instant suivant; et les vîtesses des deux mobiles diminuent ainsi, avec une différence à-peu-près proportionnelle à celle des milieux, jusqu'à ce qu'enfin l'un et l'autre soient entièrement réduits au repos.

APPLICATIONS.

M. Newton a démontré qu'un corps sphérique qui se meut dans un

III. LEÇON.

milieu tranquille, et d'une densité égale à la sienne, perdoit la moitié de son mouvement avant que d'avoir parcouru un espace égal en longueur à deux de ses diametres. Qu'on se rappelle ici les principes que nous avons établis ci-dessus, et que nous venons de confirmer par l'expérience précédente; on concevra facilement comment on peut soumettre à un calcul exact la résistance qu'un fluide peut faire au mouvement d'un corps solide qui y est plongé. Car supposez que ce soit une boule d'or qui se meuve en ligne droite dans l'eau, ce qu'elle déplace équivaut à un cylindre dont la base a pour diamettre celui de la boule, et pour axe la ligne que son centre décrit. On sait quel est le rapport des densités de l'or et de l'eau; on sait aussi quel est le rapport d'une boule à un cylindre d'un certain diametre, et d'une hauteur donnée. Toutes ces quantités étant donc connues, on peut juger de la résistance que l'eau oppose à la boule pendant qu'elle parcourt tel ou tel espace: et en comparant ce qu'elle a perdu de sa vîtesse, avec ce qu'elle avoit en commençant

commençant à se mouvoir : on peut juger de ce qui lui en reste.

Nous avons déjà dit que, pour évaluer la résistance des fluides, il falloit avoir égard aussi à la vîtesse du mobile. Il n'y a point de milieu si divisible, qui n'exige un temps fini pour céder. Nous trouvons ordinairement ce temps fort court, parce que les vîtesses que nous employons pour les diviser, ne sont point fort grandes ; et la comparaison que nous faisons du temps employé contr'eux, à celui avec lequel ils obéissent, nous fait porter ce jugement, dont on revient, quand on considere certains effets qu'on ne peut expliquer qu'en supposant qu'on n'a point donné au fluide le tems de céder. Pourquoi, par exemple, les coups de rames font-ils avancer un bateau ? et pourquoi le font ils avancer d'autant plus vîte qu'ils sont plus prompts et plus fréquens ? C'est que lorsqu'on frappe l'eau plus vîte qu'elle ne peut céder, elle devient par cette lenteur à obéir, le point d'appui d'un levier que le batelier fait agir. Les poissons font avec leurs queues ce que le batelier

III. LEÇON. fait avec ses rames, le nageur avec ses bras et ses jambes, les oiseaux aquatiques avec leurs pieds, qui pour cet effet sont conformés d'une maniere propre à pousser un grand volume d'eau.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

HI, *Fig.* 5, représente un mouvement d'horlogerie, dont le modérateur est un volant à deux aîles 1, 2; on monte le ressort avec une clef, et la piece *K* est un levier qui se meut de gauche à droite, et de droite à gauche, pour mettre le rouage en jeu, ou pour l'arrêter. On pose cet instrument sur la platine de la machine pneumatique, que nous avons représentée entiere dans la *Figure* 1 *de la* 2 *Leçon*; et on le couvre d'un récipient de verre, garni par le haut d'une tige de metal *L*, qui passe à travers d'une virole de cuivre pleine de cuirs gras, et avec laquelle on peut mener le levier *K*, sans laisser rentrer l'air, quand on a fait le vuide dans le récipient. Voyez la *Fig.* 6.

EFFETS.

Lorsqu'on met le rouage en jeu dans le vuide, on s'apperçoit par la fréquence des coups de marteaux qui battent sur le timbre, que le mouvement du rouage est beaucoup plus libre que quand le récipient est plein d'un air semblable à celui de l'atmosphere.

EXPLICATIONS.

Ce qu'on nomme communément le vuide de Boyle, n'est autre chose qu'un espace où l'on a raréfié l'air autant qu'il est possible, par le moyen de la machine pneumatique, que ce philosophe Anglois a beaucoup perfectionnée; mais nous ferons voir, (et tous les Physiciens en conviennent,) que ce vuide n'est qu'un milieu moins dense que celui où nous voyons la plupart des corps se mouvoir. Dans l'un et dans l'autre de ces deux milieux, c'est-à-dire, dans l'air ordinaire et dans l'air raréfié, le rouage n'a point une entiere liberté, parce qu'indépendamment des autres causes, le volant a toujours quelque

III. LEÇON.

résistance à vaincre, pour se mouvoir dans le fluide qui l'environne. La résistance de ce fluide est proportionnelle à sa densité ; et par cette raison dans un air moins dense, le modérateur moins gêné lui-même laisse plus de liberté aux roues, et procure plus de fréquence aux marteaux.

APPLICATIONS.

On voit par cette expérience, que l'air est un milieu résistant qui se comporte à l'égard des corps en mouvement, comme tous les autres fluides ; à cela près qu'étant beaucoup moins dense que la plupart d'entre eux, il résiste moins en pareilles circonstances : c'est pourquoi, pour trouver un point d'appui dans sa résistance, comme nous avons vu qu'on en trouve dans celle de l'eau, il faut le frapper avec bien plus de vîtesse, ou bien en pousser un plus grand volume en même tems. Les oiseaux s'élevent, se soutiennent et font de longs trajets dans l'air, malgré le poids de leurs corps qui excede toujours considérablement celui du milieu qu'ils

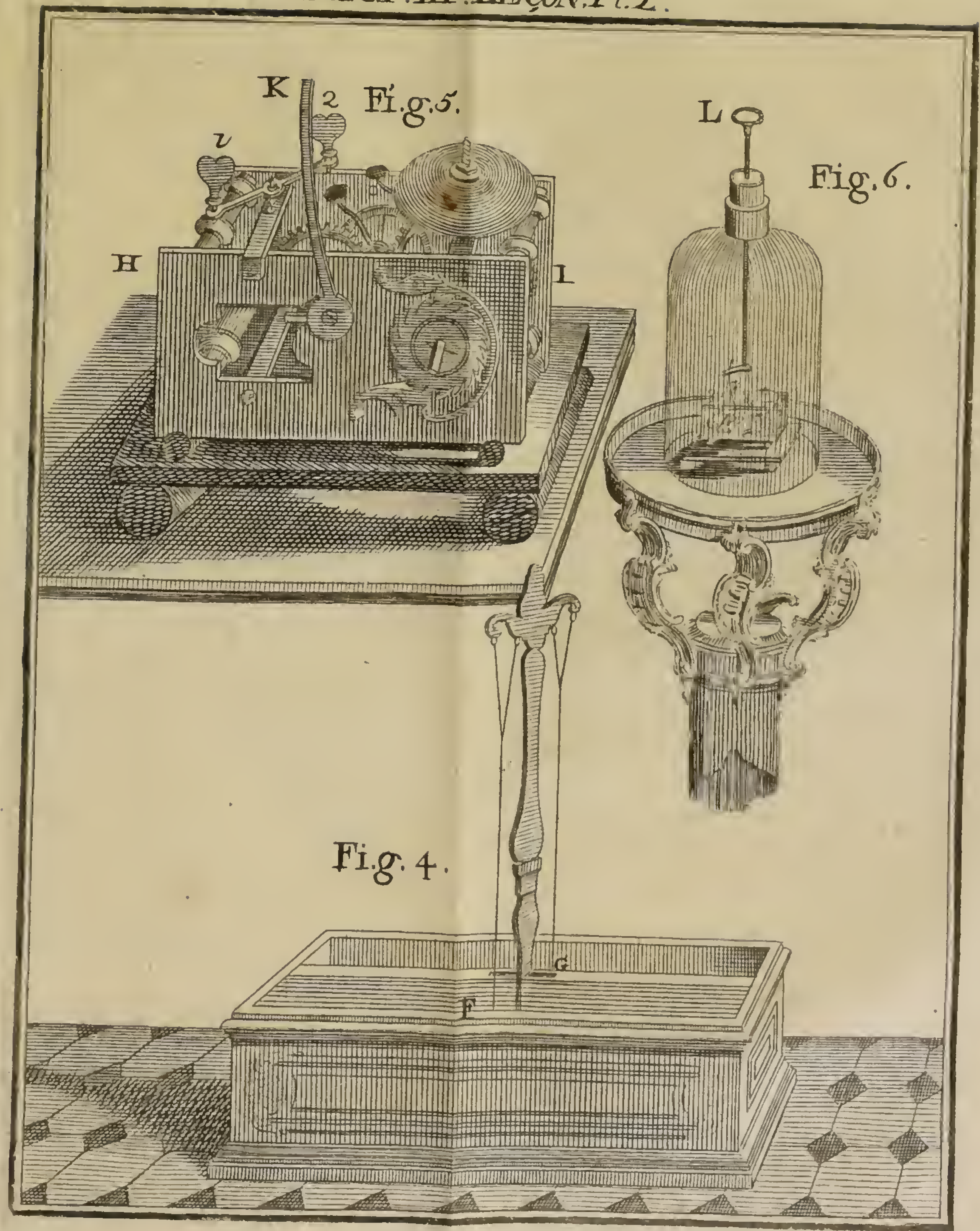
occupent. Ceux qui volent long-temps et fort loin, comme les hirondelles, la plupart des oiseaux de proie, plusieurs aquatiques, etc. ont ordinairement peu de corps, beaucoup de plumes, et des aîles fort grandes; ceux au contraire qui ont un vol plus court et moins fréquent, ont d'ordinaire plus de chair, et des aîles plus petites par proportion. Mais si l'on y fait attention, on remarquera que ceux-ci battent plus promptement que les autres en volant; les moineaux, pinçons, chardonnerets, linottes, etc. volent comme par sauts, et ne se soutiennent point long-temps dans une même direction; leurs aîles ne peuvent élever et soutenir leurs corps que par une vîtesse à laquelle ils peuvent à peine fournir quelques instants: pendant qu'ils se reposent pour recommencer, leur propre poids les gagne, et leur fait perdre une partie de l'élévation précédemment acquise; c'est pourquoi leur vol n'est qu'une suite d'élancement.

Il y a des oiseaux qui se soutiennent pendant quelque tems à la même élé-

III. LEÇON.

vation, sans paroître mouvoir les aîles (ce qu'on nomme *planer*) ; on doit supposer qu'elles se meuvent pourtant ; mais que leurs vibrations sont si promptes et si courtes, qu'on ne peut les appercevoir à une certaine distance. La grande vîtesse de ce mouvement peut suppléer pendant quelque temps à des battemens plus ouverts ; et l'on remarque aussi que les oiseaux qui planent, sont obligés de temps en temps de regagner par un vol ordinaire la hauteur qu'ils ont perdue insensiblement, et de reposer, pour ainsi dire, par des mouvemens plus lents et plus étendus, les muscles dont le ressort a été trop tendu pendant ces vibrations courtes et fréquentes.

On voit par-là pourquoi les oiseaux domestiques, ou ceux qui s'engraissent beaucoup en certaines saisons, volent si peu ou si mal. A mesure qu'ils augmentent en masse, il faudroit aussi que leurs aîles devinssent plus grandes, pour embrasser un plus grand volume d'air, ou que leurs forces augmentassent par pro porton pour les faire agir avec plus de vîtesse :



K
2
Fi.g.5.
1
H
I
L
Fig.6.
Fig.4.
G
F

mais le degré de force, et la conformation dans chaque espece, ne sont point variables comme l'embonpoint.

Que l'on compare maintenant le poids d'un homme avec la force qu'il lui faudroit avoir dans les bras, pour mouvoir des aîles d'une grandeur proportionnée à sa masse, avec une vîtesse capable de le soutenir en l'air, et l'on verra quelle a été la folie de ceux qui ont cherché les moyens de voler, et qui les ont regardés comme possibles. En vain s'imagineroit-on qu'il ne faudroit que de la dextérité et de l'exercice; il seroit facile de faire voir que les bras d'un homme le plus robuste et le plus exercé, ne sont pas capables d'un effort suivi, qui pût produire un tel effet.

III. EXPÉRIENCE.

Préparation.

L'instrument que représente la *Fig.* 7 est un double moulinet dont les aîles en même nombre pour chacun, sont aussi de même poids, de même largeur et de même longueur; avec

cette différence, qu'à l'un des deux le plan de chaque aîle peut s'incliner à l'axe, de telle façon que l'on veut: un même ressort qui se détend quand on baisse un bouton qu'on voit en *M*, pousse également deux petites broches *NN*, qui sont fixées aux moyeux des moulinets: ainsi en obéissant tous deux à cette impulsion commune, ils commencent à se mouvoir avec des vîtesses égales.

EFFETS.

Si toutes les aîles des moulinets sont dans des dispositions semblables relativement à leurs axes; par exemple, si dans l'un et dans l'autre, le plan de chaque aîle est parallele à l'axe commun, le mouvement imprimé par le ressort dure également dans tous les deux; ils font un pareil nombre de tours, et finissent ensemble de se mouvoir. Si au contraire dans l'un des deux moulinets la largeur des aîles tombe sur l'axe à angles droits, ou, (ce qui est la même chose,) que leurs plans se trouvent tous dans celui d'un même cercle, alors la même impulsion fait tourner celui-ci

bien plus vîte et beaucoup plus long-temps que l'autre.

EXPLICATIONS.

Dans le premier cas de l'expérience précédente, les aîles de chaque moulinet se présentent de face au milieu commun qu'elles ont à déplacer, pour se mouvoir: elles ne différent d'ailleurs par aucune circonstance, comme on le suppose; elles éprouvent donc en même temps des résistances égales; elles perdent par conséquent pareilles quantités de forces dans les mêmes instants; quand la vîtesse manque tout-à-fait à l'un des deux moulinets, elle doit pareillement manquer à l'autre. Tout au contraire dans le second cas, l'un des deux moulinets présente ses aîles de champ; dans cette position, ce ne sont plus que des lames qui divisent facilement l'air et qui n'éprouvent plus à beaucoup près la même opposition de sa part, puisque le volume qui doit se déplacer est beaucoup moindre; ainsi celui qui dans des temps égaux perd moins de sa force, doit tourner plus vîte et plus long-temps que l'autre.

III. LEÇON.

APPLICATIONS.

Cette dernière expérience fait voir qu'une même masse peut éprouver des résistances différentes dans le même milieu ; selon qu'elle lui présente directement une surface plus ou moins grande. Le batelier fait agir sa rame par le plat, quand il cherche un point d'appui dans la résistance de l'eau ; mais il la releve par le tranchant, pour se moins fatiguer, quand il veut se mettre en état de recommencer.

C'est par la même raison, qu'un corps conserve ordinairement mieux son mouvement lorsqu'il est entier, que s'il est divisé : car la division multiplie les surfaces, et par conséquent la résistance du milieu. Quand une once de plomb sort d'un fusil, sous quelque quantité de surface qu'elle soit, l'impulsion de la poudre qui détermine sa vîtesse est la même : cependant tout le monde sait qu'une balle est toujours portée beaucoup plus loin qu'une pareille quantité de plomb en grains : cette difference vient de la résistance de

l'air qui agit en raison des surfaces ; car chaque petit grain de plomb, ainsi que la balle, présente toujours à l'air qu'il divise, la moitié de sa superficie sphérique ; et, à poids égaux, la somme des petites surfaces hémisphériques du plomb grainé, excede beaucoup celle d'une seule balle.

Comme il arrive souvent qu'on ne compte point assez sur la résistance du milieu, quelquefois aussi le préjugé lui en prête plus qu'il n'en a. Qui est-ce qui n'a pas oui dire, par exemple, qu'un coup de fusil qui passe au-dessus de l'eau, ou qui traverse d'un bord à l'autre d'une riviere ou d'un étang, ne porte pas le plomb aussi loin que par-tout ailleurs ? La raison qu'on en donne, en disant que la vapeur de l'eau épaissit l'air, a bien quelque vraisemblance ; mais on la fait trop valoir, quand on attribue des effets sensibles à ce prétendu épaississement de l'air. L'expérience précédente a fait voir qu'on ne fait varier considérablement sa résistance, qu'en faisant naître des différences considérables dans sa densité ; et des épreuves que j'ai plusieurs fois répé-

III. LEÇON.

tées avec soin, m'ont appris que le fait en question est pour le moins une exagération. Si quelqu'un s'est apperçu qu'il n'atteignoit point les objets étant sur l'eau, comme lorsqu'on tire ailleurs, c'est qu'il a été trompé par la distance, qui nous paroît toujours moindre, quand nous ne voyons qu'une étendue trop uniforme, et que nous n'y trouvons pas d'objets qui nous aident à l'estimer. Ainsi il ne seroit pas surprenant qu'on eût manqué de tuer à 60 pas un oiseau, qu'on croyoit tirer à 50; mais la densité du milieu augmentée par la vapeur de l'eau, auroit bien peu de part à cet effet. Ajoutez à cela, que presque tous les oiseaux aquatiques plus difficiles que les autres à percer, doivent être tirés de plus près.

JUSQUES ICI nous avons considéré le milieu comme tranquille; mais s'il est agité, sa résistance sera augmentée ou diminuée par son propre mouvement. Le poisson qui remonte le courant d'une riviere, a deux résistances à vaincre : l'une est le mouvement de l'eau dont la direction est contraire à la sienne; l'autre est l'iner-

tie du volume auquel il répond, et qu'il doit déplacer, comme il feroit dans une eau dormante. Un homme qui marche contre le vent, a la même chose à faire; et c'est pour cette raison que, quand on fait mouvoir un corps contre la direction d'un fluide dont le mouvement est rapide, on diminue son volume, autant qu'il est possible, pour donner moins de prise à l'effort du courant. Un vaisseau qui a le vent contraire, plie ses voiles; et en pareil cas, le batelier fait asseoir ceux qu'il passe d'un bord à l'autre de la riviere.

Si le mobile et le fluide qui lui sert de milieu, se meuvent tous deux dans la même direction; ou ils ont des vîtesses égales, ou l'un des deux en a plus que l'autre : dans le premier cas, la résistance du milieu est nulle; tel est le mouvement d'un poisson qui suit précisément le courant de l'eau : dans le dernier cas, celui des deux qui a le plus de vîtesse, en communique à l'autre, aux dépens de celle qu'il a. Un boulet de canon qui part dans la direction du vent, ne trouve pas autant de résistance dans l'air, qu'il en souffriroit dans un tems calme; mais

III. LEÇON.

comme il va plus vîte que le vent, il faut toujours qu'il s'ouvre un passage dans ce milieu qui fuit devant lui avec trop de lenteur. Si l'on connoît par les regles que nous avons établies, quelle seroit la résistance d'un milieu, s'il étoit en repos; on connoîtra de même ce que son degré de vîtesse pour ou contre ajoute ou retranche à cette résistance.

ARTICLE II.

De la résistance des Frottemens.

POUR se faire une juste idée des frottemens, il faut observer que la surface d'un corps quelconque n'est jamais parfaitement unie : quand on supposeroit que toutes les parties solides qui la composent, sont exactement dans le même plan, (et quand cela se trouve-t-il ?) les pores qui les séparent, nous obligeroient encore à nous représenter cette superficie comme un assemblage de petites éminences et de petites cavités. Supposons que deux plans de cette espece se touchent dans toute leur étendue, les parties hautes de l'une entreront

dans les creux de l'autre, comme il arrive à-peu-près à une pelotte couverte de velours, que l'on pose sur un tapis de même étoffe ; ou bien, si c'est un corps solide que l'on plonge dans un liquide, celui-ci, en conséquence de la ténuité et de la fluidité de ses parties, se moule exactement dans toutes les cavités de l'autre, comme on peut le remarquer par l'humidité qu'on y apperçoit, quand il en sort.

S'il s'agit maintenant de faire parcourir à un corps la surface d'un autre corps, cela peut s'exécuter de deux manieres différentes qu'il est important de bien distinguer : 1.º en appliquant successivement les mêmes parties de l'un à différentes parties de l'autre, comme quand on fait glisser un livre sur une table : et nous nommerons ce frottement, celui de la premiere espece. 2.º En faisant toucher successivement différentes parties d'une surface à différentes parties d'une autre surface, comme lorsqu'on fait rouler une boule sur un billard, et nous nommerons ce dernier frottement de la seconde espece.

Dans le premier cas, le mouvement

III. LEÇON.

que l'on fait faire à celui des deux corps qui passe sur l'autre, a une direction perpendiculaire à celle selon laquelle les parties des surfaces sont réciproquement engagées. Car, selon notre supposition, la surface que l'on fait glisser horizontalement, est celle d'un corps grave que son poids appuie verticalement sur la table ; et cette espece de frottement occasionne souvent la rupture de ces petites éminences qui forment l'inégalité des superficies, comme on peut le remarquer par la poussière qu'on fait naître de deux marbres, ou de deux morceaux de bois dressés qu'on frotte l'un sur l'autre un peu rudement.

Dans le second cas, ces mêmes parties engagées se quittent à-peu-près comme les dents de deux roues de montre se désengrenent en roulant l'une sur l'autre : s'il arrive qu'elles aient peine à se quitter, c'est qu'il y a disproportion entre les parties saillantes et les vuides qui les reçoivent ; mais jamais cette derniere espece de frottement n'est aussi efficace que l'autre, pour ralentir le mouvement.

L'usage où l'on est d'enrayer les roues des voitures dans les descentes rapides, nous fournit un exemple familier des différents effets que produisent ces deux sortes de frottements. Quand on craint qu'un carrosse ou une charrette ne se précipite en descendant trop vîte, on empêche les roues de tourner sur leur axe; alors le même point de la circonférence traîne successivement sur une suite de points pris sur le terrein; c'est un frottement de la premiere espece, qui résiste considérablement au mouvement de la voiture. Il n'en est pas de même quand chaque roue tourne à l'ordinaire sur son essieu; elle se déploie sur les différentes parties du plan qu'elle a à parcourir; son frottement, quant à sa circonférence, n'est que de la seconde espece; & son mouvement beaucoup plus libre, le seroit trop, s'il se trouvoit encore favorisé par une pente trop roide.

Il n'est pas aussi facile d'estimer la résistance qui vient des frottements, que celle des milieux considérés par rapport à leur densité, au volume & à la vîtesse du mobile qui les dé-

III. LEÇON.

place. Le passage successif d'une surface sur une autre, est d'autant plus retardé, qu'elles ont toutes deux plus d'inégalités ; mais ce *plus* ou ce *moins* varie à l'infini, non-seulement par la nature des corps, mais aussi par le degré de perfection qu'ils peuvent recevoir de l'art. Un ouvrier ne peut jamais dire qu'il a poli également deux morceaux du même bois, du même métal, de la même pierre, etc. et quand il auroit une regle certaine pour s'en assurer, on ne pourroit pas compter sur la constance de cet état ; toutes les matieres s'usent et s'alterent peu-à-peu, et ces accidents dont on ne peut guere estimer la valeur, augmentent quelquefois, et plus souvent diminuent le poli des surfaces.

Les autres quantités qui entrent dans l'évaluation des frottements, la grandeur des surperficies, la pression qu'elles ont l'une sur l'autre, leur degré de vîtesse, sont des choses plus faciles à mesurer ; mais comme leur valeur est relative à l'état actuel des surfaces, il reste toujours beaucoup d'incertitude dans l'estimation des

résistances qui en résultent. On se contente pour l'ordinaire d'un à peu-près qui souvent n'en est point un, en supposant qu'un tiers de la puissance ou du mouvement imprimé à une machine, est employé à vaincre les frottemens : mais on voit bien que cela doit s'entendre d'une machine en grand, et qu'il doit y avoir beaucoup de variété, suivant son degré de simplicité, et selon la perfection des pieces qui la composent.

Quelques Physiciens * ont prétendu que la grandeur des surfaces n'entroit pour rien dans le frottement, et qu'on ne devoit avoir égard qu'au degré de pression. « Un corps, disent-» ils, qui a plus de largeur que d'épais-» seur, ne doit pas faire plus de résis-» tance quand on le traîne sur sa plus » grande surface, que lorsqu'il frotte » par son côté le plus étroit, parce » que la pression qui vient de son » poids, étant la même dans l'un et » dans l'autre cas : si dans le premier, » il y a plus de parties engagées, elles » le sont moins profondément que » dans le second ».

* *M. Amontons, Hist. de l'Acad. des Scienc. 1699. pag. 104. Exp. de M. de la Hire. Ibid.*

Ce raisonnement, qui ne conclu-

III. Leçon.

roit pas seul, et auquel on peut en opposer bien d'autres *, a été appuyé de quelques expériences très-ingénieuses, et en apparence très-favorables à l'opinion qu'on vient d'exposer; mais dans une matiere comme celle-ci, où l'on ne peut pas tirer des conséquences du particulier au général, il faut se régler sur ce qui arrive le plus ordinairement. Des épreuves réitérées m'ont presque toujours fait voir, comme à M. Muschenbroek, qui en a fait beaucoup en ce genre, qu'il falloit compter les surfaces pour quelque chose, pour beaucoup moins cependant que les pressions; quant au rapport des unes et des autres avec les effets, je n'ai rien trouvé d'assez constant, pour en pouvoir faire le fondement d'une exacte théorie.

* *V. l'Hist. de l'Acad. des Scienc. de 1703 p. 108 et suiv.*

Outre la pression et la grandeur des surfaces, on doit encore faire entrer la vîtesse dans l'évaluation des frottements; car comme cette sorte de résistance vient des parties engagées qu'il faut rompre, ou qu'on ne peut dégager qu'en faisant céder la pression qui tient les surfaces appli-

quées l'une à l'autre; il est évident que la somme des résistances doit être d'autant plus grande, que le corps frottant aura plus de chemin à faire dans un temps déterminé; parce qu'alors il faut que les parties engagées se rompent en plus grand nombre, ou se dégagent plus fréquemment.

Mais une chose très-remarquable, c'est que cette augmentation de résistance qui vient de la vîtesse avec laquelle on fait frotter les surfaces, a ses bornes, au-delà desquelles on peut accélérer les mouvemens, sans que les frottemens en deviennent plus considérables; ainsi l'on peut dire en quelque façon, qu'en augmentant la cause, on n'augmente plus son effet; paradoxe qui mérite d'être expliqué.

Supposons que *DE* et *FG*, *Fig.* 8, représentent deux surfaces de corps durs, dont les inégalités insensibles soient engrenées les unes dans les autres; que la pression qui les joint, agisse dans la direction *AB*, perpendiculaire à celle du mouvement qui fait glisser ces deux corps l'un sur

III. LEÇON.

l'autre. On voit bien que celui de dessus ne peut se mouvoir selon la direction *BC*, à moins que ses parties les plus élevées *e*, *f*, *g*, *h*, ne se dégagent des creux dans lesquels elles sont enfoncées, ce qui ne se peut faire qu'autant que le corps entier *DE* sera soulevé contre l'effort de la pression. Si cette pression est assez grande pour faire retomber ces parties qui ont été dégagées, dans les creux qui suivent immédiatement ceux qu'elles ont quittés ; c'est-à-dire, que la partie *e*, sortant du 1, retombe au 2, au 3, etc. il est visible que l'effort qu'il faudra faire pour soulever le corps *DE*, ou, ce qui est la même chose, pour désengrener les parties, se répétera autant de fois qu'il y a de ces petites élévations à la surface *FG*; et plus le corps frottant fera de chemin dans un tems donné, sur celui auquel il est appliqué, plus ces soulevemens et ces rechûtes auront lieu ; ainsi la résistance des frottemens augmente par la vîtesse, tant que cette vîtesse n'empêche pas que les parties hautes d'une surface se logent successivement dans toutes les parties

basses de l'autre surface, de la maniere qu'on vient de l'exposer.

Mais il peut arriver que le mouvement qui se fait selon la direction *BC*, soit si rapide, que lorsque les parties saillantes *e*, *f*, *g*, *h*, ont été dégagées, elles soient entraînées d'une quantité considerable avant que la pression les engage de nouveau; que la partie *e*, par exemple, ayant quitté le 1 creux de la surface *FG*, au lieu de retomber dans le 2, soit transportée jusqu'au 3 ou jusqu'au 4; et alors on conçoit aisément que le corps frottant *DE*, pourra parcourir 2 ou 3 fois autant de surface sur *FG*, sans cependant que ces parties y soient plus fréquemment engagées.

Les expériences que je vais rapporter, feront voir ce qui m'a paru invariable dans les frottements. 1°. Que le frottement de la première espece fait beaucoup plus de résistance, que celui de la seconde. 2°. Que le frottement augmente par l'augmentation des surfaces, toutes choses égales d'ailleurs. 3.° Que la pression fait croître aussi la résistance du frottement, de quelque espece qu'il

III. LEÇON.

soit. 4.° Qu'à proportions égales, la résistance des frottemens augmente plus considérablement par les pressions que par les surfaces.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATIONS.

La *Fig.* 9 représente un instrument composé 1.° de quatre rouleaux 1, 2, 3, 4, suspendus par des pivots très-fins dans deux doubles montans *PP*; 2.° d'un autre rouleau plus grand que les précédens, et dont l'axe *OO* a dans toute sa longueur environ deux lignes et demie de diametre, et se termine par deux pivots d'acier qui roulent dans deux vis *QQ*, percées selon leur longueur, ou bien sur les deux intersections des deux paires de rouleaux ; un ressort spiral fixé d'une part à l'un des doubles montants, et de l'autre à l'axe de ce dernier rouleau, le fait tourner alternativement sur deux sens, et l'on compte la durée du mouvement du rouleau, par le nombre des vibrations du ressort : 3.° d'une piece *R* représentée seule par la *Fig.* 10, qui repose sur l'axe

l'axe du rouleau, tantôt par une surface *s*, tantôt par deux autres *tt*, semblables à *s*; et au bout de laquelle on attache un ou plusieurs petits poids, pour augmenter la pression sur l'axe. Quand on tend le ressort, on avance le levier *V*, pour appuyer un des croisillons du grand rouleau, afin d'être sûr du degré de tension, et pour le détendre avec justesse.

On met d'abord les pivots du rouleau dans les trous des vis *Q Q*, et ensuite on les fait reposer sur les intersections des rouleaux, sans charger l'axe avec la piece *R*; et dans l'une et dans l'autre épreuve, on a soin que le ressort soit tendu également.

EFFETS.

Le ressort ayant été détendu, si dans le premier cas on a compté 29 ou 30 vibrations avant que le mouvement cesse entiérement; dans le second on en compte environ 400, dont chacune dure près d'une seconde.

EXPLICATIONS.

L'expérience précédente, considérée dans les deux faits qu'elle établit,

III. LEÇON.

prouve visiblement que les frottemens, de quelque sorte qu'ils soient, détruisent le mouvement par une résistance qui ne differe que du plus au moins. Mais elle fait voir en même temps que, des deux especes de frottemens que nous avons distingués, la premiere a des effets bien plus considérables que l'autre : quand les pivots tournent dans les vis percées, c'est un frottement de la premiere sorte : toute leur surface cylindrique passe successivement sur la partie inférieure de chacun des trous : quand au contraire ces mêmes pivots font tourner par leur mouvement les rouleaux qui les portent, ce n'est plus qu'un frottement de la seconde espece ; car alors la circonférence des uns ne fait plus que se développer sur celle des autres ; la partie qui a touché, ne touche plus l instant d'après, et celle qui la précede lui sert de point d'appui, pour se dégager suivant une direction favorable, comme la dent d'une roue qui commence à engrener le pignon, favorise le désengrenage de celle qui avoit engrené avant elle.

Applications.

Rien n'est si commun que les effets de frottement ; on les rencontre par-tout, et l'on peut dire en général que c'est la principale cause des altérations et du dépérissement que nous remarquons dans tous les ouvrages de l'art, et sur-tout dans ceux dont nous faisons un fréquent usage. Les habits, les meubles, les bijoux, les instruments, etc. ne durent qu'un certain temps, parce que les frottements auxquels ils sont continuellement exposés, changent insensiblement les surfaces et les formes, et leur font perdre les qualités qui en dépendent. Les matieres les plus dures et les plus solides ne tiennent point contre un long service, sans donner des marques de diminution; un rasoir, un couteau, une hache perdent bientôt le fil de leur tranchant; le soc d'une charrue a besoin d'être réparé de temps en temps; et le cheval dont le pied glisse sur le pavé, y laisse une trace où les yeux les moins attentifs ne peuvent méconnoître les parties de son fer, que le frottement

III. LEÇON.

y a fait rester. Mais comme rien ne s'anéantit dans l'univers, toutes ces particules ainsi détachées de leurs masses, se mêlent avec différentes matieres, dans lesquelles elle se retrouvent lorsqu'on y pense le moins. De bons Physiciens ont été surpris de trouver du fer dans l'argile et dans la cendre des plantes, parce qu'ils ne faisoient point assez d'attention à la prodigieuse divisibilité des métaux en général, et en particulier à la dispersion continuelle qui se fait des parties du celui-ci, tant par les outils que l'on use à cultiver la terre, que par une infinité d'autres usages qui le mettent en état d'être répandu partout. D'autres, plus attentifs à cette grande et continuelle consommation des ouvrages de fer, ont reconnu ce métal, dans la boue des grandes villes, et lui ont attribué la couleur noire qu'elles ont, et dont il est très-vraisemblablement la cause. Si l'or étoit aussi commun que le fer, et qu'on en fît un usage aussi fréquent et aussi étendu, ne doutons pas qu'on ne le rencontrât de même dans toutes les matieres où l'on prendroit la

peine de le chercher avec soin : mais celui qui l'auroit trouvé, quelque part que ce pût être, seroit-il en droit de dire qu'il a fait de l'or ? pas plus, ce me semble, que celui qui trouve aujourd'hui du fer dans la cendre, ne peut se vanter d'avoir fait du fer. Parmi tous ces fameux Adeptes qui ont enrichi le monde de leurs promesses, s'il s'est trouvé quelque faiseur d'or qui le fût de bonne foi, c'est que dans un grand nombre de matieres passées au creuset, il se sera trouvé par hasard quelque parcelle d'or qui ne devoit rien autre chose à l'opération de l'artiste, que d'avoir été séparée des corps étrangers dans lesquels elle étoit cachée. Faire de l'or de cette maniere, me paroît une chose possible ; mais je doute fort qu'on en fît assez pour payer la dépense du charbon.

Si les frottements nuisent en beaucoup d'occasions, il y en a bien d'autres aussi où nous les mettons à profit ; les arts ont su tourner à leur avantage, jusques aux choses même qui semblent opposées à leur progrés. Une lime n'est autre chose qu'une surface hérissée exprès de pointes

III. LEÇON.

et de tranchants ; son frottement sur les matieres les plus dures, est un moyen très-commode de les figurer à son gré par une diminution de volume bien ménagée ; aussi cet outil est-il en usage dans un grand nombre de métiers. L'ouvrier intelligent qui l'emploie, tire du même moyen différents avantages suivant les modifications qu'il y met. Tantôt pour gagner du temps, il fait agir une lime dont l'âpreté exige plus de force de sa part ; tantôt il la choisit d'une taille plus fine, pour adoucir ce que la premiere n'a fait qu'ébaucher ; et enfin quand la plus douce de ses limes ne l'est point encore assez, il la frotte d'huile qui retient les parties du métal à mesure qu'elles se détachent ; par ce moyen, les petits creux de l'outil se remplissent de façon que ses pointes en deviennent plus courtes, et sa surface moins rude.

Ce que nous disons des limes, doit s'entendre des meules et autres pierres à aiguiser, qui n'en different, quant à l'effet du frottement, que par une plus grande dureté.

Les compas, et généralement tous

les instrumens à charnieres, qui doivent rester ouverts ou fermés à différens degrés, tiennent pour l'ordinaire cette propriété d'un frottement bien égal, et l'on gagne beaucoup de tems dans l'usage qu'on en fait, quand on n'est point obligé de les fixer par d'autres moyens, comme lorsqu'on les arrête avec des vis ou autrement.

On diminue la résistance des frottemens, en enduisant les surfaces de quelque fluide ou de quelque matiere grasse. On frotte de savon les bords d'une boîte dont le couvercle tient trop; on met de l'huile aux charnieres pour en faciliter le jeu; on graisse les moyeux des roues en dedans; ce sont autant de moyens par lesquels on remplit les inégalités les plus grossieres des surfaces, et qui par conséquent les rendent plus lisses et plus propres à glisser l'une sur l'autre. D'ailleurs, les parties de ces fluides ou de ces corps gras interposés, changent l'espece du frottement : ce sont autant de petits globules qui roulent entre les surfaces, qui leur servent de véhicule commun, et qui font en petit ce que nous voyons d'une ma-

niere plus sensible, quand on met des rouleaux sous une pierre ou sous une poutre, pour en faciliter le transport.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On laisse les pivots du grand rouleau sur les intersections des 4 petits : et l'on tend le ressort au même degré que dans l'expérience précédente. On fait d'abord poser la piece *R* sur l'axe du grand rouleau par une seule surface *s*, et avec son propre poids seulement; et ensuite on la retourne pour faire porter les deux surfaces *tt* sans augmenter le poids, et l'on compte les vibrations dans l'un et dans l'autre cas.

EFFETS.

Lorsque le frottement se fait par une seule surface, comme dans le premier cas, on compte 40 vibrations; lorsque la surface qui frotte est double, comme dans le second, on n'en compte plus que 29 et demie ; toutes choses étant égales d'ailleurs, ainsi qu'on l'a supposé.

EXPLICATIONS.

L'inégalité des surfaces étant la cause premiere des frottemens, il est bien plausible qu'en augmentant l'étendue qui frotte, on doit faire croître aussi le nombre de ces inégalités : s'il se trouve quelque cas où cela n'arrive point sensiblement, ce sera sans doute une exception due à la disposition particuliere des superficies ; ou bien lorsqu'on emploiera une si grande quantité de mouvement que la resistance des frottemens deviendra trop peu considérable pour être mesurée, et par conséquent pour être comparée. Mais comme dans les grandes machines, où les frottements sont d'une bien plus grande conséquence qu'ailleurs, les pieces ont toujours des surfaces assez rudes, nous croyons qu'on ne doit point négliger la quantité de leur étendue. On voit cependant par l'expérience précédente, que la résistance des frottemens, quoique dépendante en partie de la grandeur des surfaces, ne la suit pas dans toutes ses proportions. Dans l'un des deux cas cités, la su-

III. LEÇON. perficie étant double, les frottements ne sont point doublés; et il seroit très-difficile, pour ne rien dire de plus, de déterminer le rapport de ces résistances avec une quantité de surface donnée.

APPLICATIONS.

Les frottemens considérés en raison des surfaces, retardent la vîtesse de tous les corps indifféremment; nous venons de le prouver pour les solides, et l'on peut remarquer tous les jours que la même chose se passe à l'égard des fluides et des liqueurs. Les jets d'eau ne s'élevent jamais à la hauteur à laquelle ils devroient monter, eu égard à leur quantité de mouvement; et les rivieres coulent plus lentement dans le tems des eaux basses.

L'eau qui est amenée par un tuyau et qui rejaillit en l'air, éprouve partout du frottement; la surface intérieure et immobile du tuyau la retarde d'une part, et quand elle passe dans l'air, elle doit être regardée encore comme dans un autre tuyau, dont la surface ne differe de l'autre

que par la rareté et par la mobilité de ses parties.

Quoique la surface d'un gros tuyau soit plus grande que celle d'un plus étroit, elle est cependant moindre relativement à sa capacité; car c'est une chose démontrée que celui qui a 2 pouces de diametttre (nous parlons de tuyaux ronds et cylindriques), contient quatre fois plus d'eau que celui dont le diametre n'est que d'un pouce, et que la circonférence du premier n'est que deux fois aussi grande que celle du dernier. On voit par-là que dans de pareils tuyaux, le frottement qui vient des surfaces, diminue à mesure qu'on augmente la capacité; puisque si le volume d'eau qui est quadruple dans le plus gros, étoit contenu dans quatre semblables au petit, il répondroit à des surfaces dont la somme seroit double de celle qui le contient. L'expérience est tout-à-fait d'accord avec cette théorie; car plus on diminue la capacité des tuyaux dans les pompes, dans les acqueducs, dans les fontaines, etc. plus on trouve de retardement dans la vîtesse des eaux.

C'est par la même raison, que les rivieres sont plus rapides dans le tems des grandes eaux; les frottements qu'elles ont à vaincre de la part de leurs lits, sont partagés alors à une masse plus considerable, et s'opposent moins par conséquent au mouvement du fluide.

III. EXPÉRIENCE.

Explications.

L'instrument étant disposé comme dans l'expérience précédente, il faut que la piece *R* repose sur l'axe du grand rouleau par la surface *s*, et attacher en *X* le petit poids *Y* qui double la pression.

Effets.

Dans ce dernier cas, on ne compte que 21 vibrations, quoique le ressort ait été tendu comme dans les épreuves précédentes.

Explications.

Le poids qu'on ajoute, augmentant la pression, fait croître aussi le frottement, parce que les parties des

surfaces qui s'engagent mutuellement, s'enfoncent bien plus avant, et résistent davantage au mouvement qui tend à les séparer. On voit par cette derniere expérience, qu'une double pression fait plus qu'une surface augmentée de moitié; car nous avons vu précédemment qu'en faisant frotter deux surfaces au lieu d'une, le nombre des vibrations n'a été diminué que d'un quart, et nous voyons maintenant en mettant la pression double, qu'il ne se fait plus que 21 vibrations au lieu de 40, ce qui est preque la moitié de diminution.

APPLICATIONS.

Dans les grandes chaleurs, les mouvemens d'horlogerie se ralentissent sensiblement; cet accident qui dérange les pendules et les montres, dépend ordinairement de plusieurs causes qui concourent au même effet. Il en est une à laquelle on fait peu d'attention, mais qui mérite cependant d'être comptée comme les autres: c'est le frottement qui augmente par la pression, à mesure que les pieces s'échauffent. Car on sait, et

III. LEÇON.

nous le prouverons quand il en sera temps, que les métaux, ainsi que toutes les autres matieres, augmentent en volume par le chaud, comme ils diminuent de grandeur par le froid; la même cause dilatant les platines, rend les trous plus étroits, et grossit les pivots, de maniere que par ce double effet, le frottement augmente par pression, et le mouvement en est d'autant plus gêné.

Un tourneur qui façonne un morceau de métal entre deux pointes fixes, est quelquefois surpris de sentir que sa piece résiste au mouvement de l'archet, après avoir tourné librement pendant quelques minutes; c'est que le frottement augmente par la pression à mesure que le métal s'allonge en s'échauffant: aussi le remede le plus prompt et le plus en usage, c'est de le mouiller avec un peu d'eau pour le refroidir.

Le service que l'on tire des pinces, des tenailles, et de tout ce qui est analogue à ces instrumens, ne vient encore que d'un frottement augmenté par une forte pression.

Une remarque qu'il est à propos

de faire ici, c'est que les machines qui font leur effet en petit, ne le font pas toujours quand on vient à les exécuter en grand, quoiqu'on y garde les mêmes proportions : cela vient pour l'ordinaire de ce que les frottemens ne suivent point dans leur accroissement la proportion des surfaces seulement, mais plutôt celle des pressions qui augmentent assez souvent, comme le poids ou la solidité des pieces ; c'est-à-dire, par exemple, que si dans le modele on avoit réduit toutes les dimensions au pouce pour pied, en construisant en grand, le chevron qui auroit 12 pieds de long et 6 pouces d'équarrissage, peseroit 1728 fois autant que ce qui le représente en petit, s'il est de même matiere. Cette considération, qu'on ne peut négliger quand on a des principes, fait quelquefois juger désavantageusement d'une machine dont le succès paroît être assuré par l'expérience même.

De tout ce que nous avons dit et prouvé touchant la résistance des milieux et des frottemens, il faut conclure que dans l'état naturel il ne

III. Leçon.

peut y avoir aucun mouvement mécanique inaltérable; 1° parce qu'un corps ne peut se mouvoir que dans un espace, et qu'il n'y a aucun lieu parfaitement vuide de toute matiere; 2°. parce qu'un corps, tel qu'il soit, ne peut exercer son mouvement que sur quelques surfaces, ou bien il faut suspendre à quelque point fixe, autour duquel il se puisse mouvoir : dans l'un et dans l'autre cas il y a frottement, ou sur le plan ou au point de suspension, ou dans le milieu même dans lequel il passe. La quantité du mouvement qu'on lui aura imprimée, sera donc nécessairement diminuée par ce double obstacle : ainsi pour se mouvoir perpétuellement, il faudroit qu'il prît à chaque instant de nouvelles forces, pour réparer celles qu'il perd; ce qui est contraire à la premiere loi du mouvement, qui veut qu'un mobile garde constamment l'état qu'on lui a fait prendre, si cet état n'est changé par une cause nouvelle. Delà il paroît évidemment démontré qu'il ne peut y avoir de mouvement perpétuel mécanique dans l'état naturel, et que ceux qui

le cherchent avec obstination, et qui multiplient les frais dans cette vue, perdent leur temps, leurs peines et leurs dépenses.

Si quelqu'un prend pour perpétuel, le mouvement d'un pendule qui continue ses vibrations égales par le moyen d'un ressort ou d'un poids qu'on remonte au bout d'un tems, ou de toute autre chose équivalente, il n'entend pas l'état de la question; car il s'agit d'un mouvement une fois imprimé, auquel on n'ajoute plus rien par la suite, et qui se suffise à lui-même pour se perpétuer. Le ressort ou le poids par son effort constant, répare sans cesse le degré de vîtesse perdu dans l'instant précédent; et cette réparation est une addition au mouvement primitif.

Ceux qui s'en laissent imposer par l'inspection d'une machine, ou par une prétendue démonstration géométrique, sur laquelle on s'appuie quelquefois, pour établir la découverte de mouvement perpétuel : sont les dupes de la mauvaise foi ou d'un paralogisme qui ne tiennent guere contre des gens instruits. Le

III. LEÇON.

mouvement perpétuel est la pierre philosophale de la mécanique ; ordinairement ceux qui s'y heurtent, ne sont pas fort initiés dans cette science ; de même qu'une recherche obstinée de la quadrature du cercle, ou du grand œuvre, n'annonce à présent ni un géometre sublime, ni un habile chymiste.



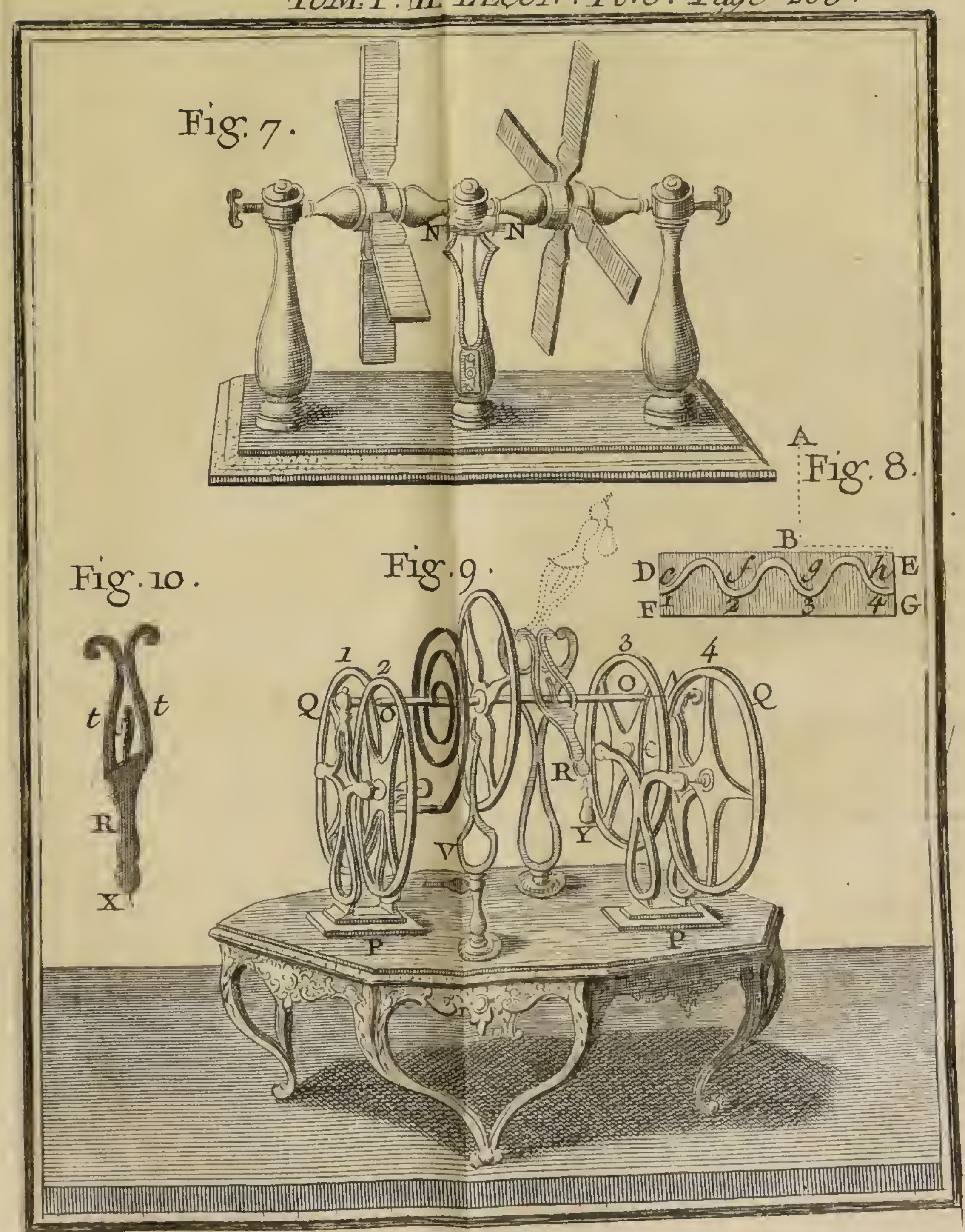


Fig. 7.
N
N
A
Fig. 8.
B
D
e
f
g
h
E
F
1
2
3
4
G
Fig. 9.
Fig. 10.
1
2
3
4
Q
O
O
Q
t
t
R
R
Y
V
X
P
P





IV. LEÇON.

Suite des Loix du Mouvement simple.

Des causes qui changent la direction du Mouvement.

APRÈS avoir enseigné dans la derniere section de la leçon précédente, ce qui diminue indispensablement la vîtesse du mobile, il nous reste à faire connoître les causes qui changent sa direction, quand il ne garde pas celle qu'il avoit d'abord. Mais pour le faire d'une maniere plus intelligible, nous commencerons par établir la seconde et la troisieme loi du mouvement simple, sur lesquelles sont fondées la plupart des choses que nous avons à dire touchant cette matiere.

IV. LEÇON.

IV. LEÇON.

Seconde Loi du Mouvement simple.

Le changement qui arrive en plus ou en moins au mouvement d'un corps, est toujours proportionnel à la cause qui le produit.

Dans un mobile dont on suppose la masse constante, il n'y a de variables que sa vîtesse et sa direction : pour changer l'une ou l'autre, il faut une force positive qui n'est point dans le mobile avant le changement, et qu'il n'a pas la faculté de se donner à lui-même. Cette force, quand elle agit, ne peut produire que ce dont elle est capable ; ainsi l'on peut juger de sa valeur par celle de son effet. Comme une livre de plomb dans le bassin d'une balance, n'a ni plus ni moins que le poids d'une livre, on ne doit pas s'attendre que son action contre l'autre bassin excede ou vaille moins qu'un pareil poids, si la balance est juste ; et réciproquement, si ce dernier bassin est tenu en équilibre, on peut en toute sûreté conclure que le poids de l'autre part qui en est la cause, égale une livre.

Troisieme Loi du Mouvement simple.

La réaction est égale à la compression.

Lorsqu'un corps en mouvement, ou qui tend à se mouvoir, agit sur un autre corps, il le comprime, et ce dernier exerce réciproquement sur lui une compression égale. Quand avec le bout du doigt j'appuie sur un bassin vuide de balance, pour soulever une livre de plomb qui est dans l'autre bassin, c'est la même chose que si je recevois la livre de plomb sur le bout de mon doigt pour la soutenir. Qu'un homme sur le rivage tire son bateau à bord avec une corde, ou qu'il se tienne dans le bateau pour tirer la même corde attachée à un pieu sur le rivage, il s'ensuivra le même effet; car la résistance ou la réaction du point fixe, égale l'action de celui qui agit contre elle.

Examinons maintenant comment un mobile change de direction, et quelle regle il suit dans ce changement.

Quand un corps en mouvement, change de direction, c'est qu'il y est

IV. LEÇON.

forcé par un obstacle ; car selon la premiere loi, il tend de lui-même à persévérer dans son état : mais cet obstacle peut être une matiere fluide, dans laquelle il s'ouvre un passage ; ou bien un corps solide qui lui oppose toute sa masse à cause de la liaison de ses parties. Une pierre jettée dans l'eau nous représente le premier cas ; une balle de paume lancée contre la muraille, est un exemple du second.

PREMIERE SECTION.

Du changement de direction, occasionné par la rencontre d'une matière fluide.

Si le mobile que l'on a déterminé vers un certain point, vient à rencontrer quelque matiere fluide, ou comme telle à son égard, il ne fait que passer d'un milieu dans un autre ; et ordinairement ces milieux ne sont point également pénétrables pour lui, soit par la différence de leurs densités, soit par quelqu'autre cause

qu'il n'est point temps d'examiner ici. Ce plus ou moins de résistance qu'il éprouve en entrant dans le nouveau milieu, ne manque point de lui faire quitter sa premiere direction, toutes les fois qu'il entre obliquement; et ce changement se nomme *refraction*, pour faire entendre que la direction du mobile est comme brisée à l'endroit où les deux milieux se joignent. Eclaircissons ceci par une figure, et par quelques exemples.

Supposons un grand bassin plein d'eau, dont la coupe soit représentée par *A B C D*, *Fig.* 1; et une pierre ou tout autre corps dur *E*, placé dans l'air, et que l'on dirige vers la surface de l'eau avec assez de vîtesse pour l'y faire entrer, et l'y faire continuer son mouvement.

Pour cet effet, on ne peut diriger cette pierre que de deux manieres: savoir, par la ligne perpendiculaire *P F*, ou bien par une ligne oblique prise entre *P F* et *C F*. Car il est évident que si elle suivoit *C F*, ou sa parallele, elle n'entreroit jamais dans l'eau, ou (ce qui est la même chose) elle ne changeroit point de milieu.

IV. LEÇON. Si le corps E vient à la surface de l'eau par la ligne *PF*, il continue de se mouvoir par *Fp*, et sa direction ne reçoit aucun changement.

Mais s'il suit une ligne oblique comme *e F*, dès qu'il sera parvenu en *F*, l'eau sera pour lui un milieu *réfringent* : au lieu de continuer son mouvement par *F G*, il prendra une nouvelle direction qui sera entre *FG* et *FA*, telle, par exemple, que *FH*. C'est-à-dire, que la pierre, ou en général le mobile, souffrira réfraction, et que cette réfraction l'éloignera de la perpendiculaire imaginée *Fp*, plus qu'il n'auroit fait, s'il avoit continué de se mouvoir selon sa premiere direction.

La réfraction se ferait en sens contraire, si le mobile passoit d'un milieu plus résistant, dans un autre qui le fût moins; par exemple, s'il sortoit de l'eau pour entrer dans l'air : de façon que s'il avoit décrit la ligne *H F*, il ne continueroit point par *FK* ni par aucune autre entre *K* et *C*; mais la réfraction qu'il souffriroit en *F*, le détermineroit dans une nouvelle direction entre *K* et *P*, ce qui l'appro-

cheroit

cheroit davantage de la perpendiculaire *PF*.

Pour oter toute équivoque sur cette perpendiculaire que l'on prend pour terme de comparaison, lorsqu'on veut exprimer en quel sens se fait la réfraction, il est bon d'observer qu'elle n'a rien de commun avec l'horison, qu'autant que la surface du milieu réfringent est horizontale, comme il arrive quand c'est un liquide en repos; car c'est toujours de la perpendiculaire à cette surface qu'il s'agit, dans quelque position que puisse être le milieu qui cause la réfraction. Si, par exemple, au lieu d'une eau dormante, telle que nous l'avons supposée, on choisissoit celle d'une cascade, ou d'une riviere qui eût une pente considérable pour y lancer une pierre; la perpendiculaire à laquelle on rapporteroit la direction de ce corps, tant avant qu'après son entrée dans l'eau, seroit une ligne inclinée à l'horizon; elle seroit même horizontale, si la surface réfringente étoit verticale.

La réfraction dépend donc de deux conditions, sans l'une ou l'autre des-

quelles elle n'a plus lieu : la premiere est l'obliquité d'incidence de la part du mobile; la seconde, qu'il y ait plus de résistance dans un milieu que dans l'autre : prouvons d'abord ceci par des faits, et tâchons ensuite d'en faire connoître la cause.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

Applications.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 2, porte à 2 pieds et demi au-dessus de sa base un petit canon de cuivre *I* par lequel on fait tomber une balle de plomb du poids d'une once environ, dans un vase de crystal *L*, qui a 12 ou 14 pouces de hauteur, et au fond duquel on a étendu un lit de terre glaise ou de cire molle, d'un pouce d'épaisseur.

La balle ayant marqué sa place par cette premiere chûte, on la fait tomber de même une seconde fois, après avoir rempli d'eau le vaisseau *L*.

Effets.

On trouve la balle de plomb après

la seconde chûte, dans le même endroit qu'elle avoit marqué en tombant la premiere fois.

EXPLICATIONS.

Il paroît par cette expérience, que la balle de plomb a toujours conservé sá premiere direction, soit qu'elle fît tout son mouvement dans l'air, soit qu'elle tombât en passant de l'air dans l'eau. Mais par quelle raison se seroit-elle détournée, si les obstacles qu'elle a rencontrés, se sont toujours opposés également de toutes parts; si l'effort de sa pesanteur à qui elle obéissoit, n'a jamais eu à vaincre que des résistances qui cédoient toutes ensemble avec la même facilité, ou qui la retardoient avec des quantités égales? Considérons cette balle dans les différens instans de sa chûte.

1.° Lorsqu'elle est encore entiérement dans l'air, ce fluide qu'on suppose en repos, et d'une densité uniforme autour du mobile, ne fait que retarder sa vîtesse. Mais cette résistance n'influe en rien sur la direction, puisqu'elle agit indifféremment en toutes sortes de sens.

IV. LEÇON.

2.° On peut dire la même chose en considérant la balle dans le temps qu'elle est entiérement plongée dans l'eau; car la difficulté qu'elle trouve à s'ouvrir un passage dans ce liquide, quoique plus grande que dans l'air, ne l'empêche point de tendre au même but, mais seulement d'y arriver avec autant de vîtesse qu'elle en auroit dans un lieu moins résistant.

3.° Enfin, si l'on examine ce qui se fait pendant que la balle passe de l'air dans l'eau, et qu'elle est encore partie dans l'un et partie dans l'autre de ces deux milieux; on concevra facilement que cette immersion ne doit rien changer à sa premiere direction.

Car lorsque le corps *M*, *Fig*. 3, descend par la ligne *Pp*, toutes les parties de la surface décrivent des paralleles comme *NT*, *nt;* et la résistance du milieu s'exerce sur tout l'hemisphere *NOn*. Quand il commence à se plonger, l'eau résiste directement en *O*; et à mesure qu'il s'enfonce, les parties *OS*, *SR*, *RN*, et leurs correspondantes *Os*, *sr*, *rn*, participent successivement à la résis-

tance du nouveau milieu. Mais comme ces différentes parties forment des plans plus obliques les uns que les autres depuis *O* jusqu'en *N*, de part et d'autre ; la résistance de l'eau pendant cette derniere immersion, augmente par des quantités qui vont toujours en décroissant.

Dans tout ceci l'on n'appercoit aucune cause qui doive faire perdre au corps *M* sa premiere direction ; en conséquence de sa figure sphérique, les obstacles qui se rencontrent en *N*, en *R*, en *S*, etc. sont justement compensés par les résistances qui s'opposent aux parties *n*, *r*, *s*, etc. et cet équilibre maintient toujours le centre *M* dans la ligne *P p*. Cette expérience prouve donc que l'obliquité d'incidence de la part du mobile est absolument nécessaire pour la réfraction, puisque sans elle il continue son mouvement suivant sa premiere direction, quoiqu'il passe d'un milieu moins resistant dans un autre milieu qui l'est plus.

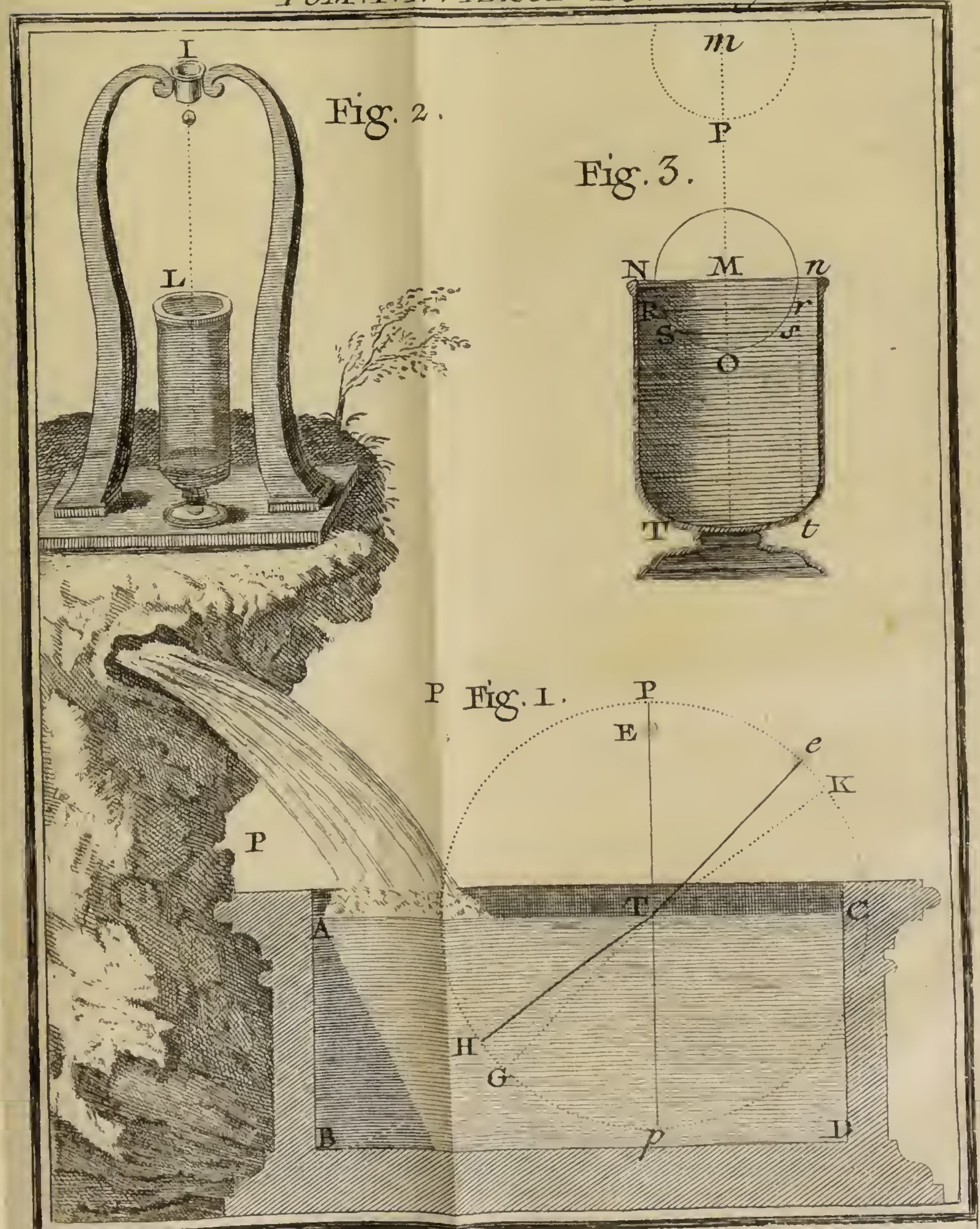
APPLICATIONS.

UN corps grave que son propre

IV. LEÇON.

poids fait tomber dans l'eau, doit se trouver au fond dans un endroit qui réponde perpendiculairement à celui de la surface par lequel il a passé en tombant. Mais 1.° il faut supposer pour cela que le fluide étoit en repos pendant le temps de la chûte. Car on sait que ce qui tombe dans une riviere ou dans un torrent, est entraîné par le courant de l'eau en même temps qu'il obéit à la force de sa pesanteur. C'est pourquoi les gens qui se noient dans les eaux qui coulent, ne se trouvent jamais vis-à-vis du lieu où ils ont commencé à disparoître.

2°. La figure du corps qui s'enfonce dans un fluide, contribue beaucoup, ou à lui faire garder, ou à lui faire perdre sa premiere direction indépendamment de la réfraction ; car cette figure peut être telle, qu'elle occasionne des inégalités dans la résistance du même fluide. Si, par exemple, au lieu de faire tomber dans l'eau un corps sphérique, tel que celui de notre expérience, on se servoit d'un hémisphere ou de quelque chose semblable, et qu'on le diri-


Fig. 2.
I
L
Fig. 3.
m
P
N
M
n
R
r
S
s
O
T
t
Fig. 1.
P
P
E
e
K
P
A
T
C
H
G
B
p
D



geât parallelement à sa partie plane ; il suit de l'explication que nous avons donnée ci-dessus, que ce dernier mobile plus arrêté d'un côté que de l'autre par le fluide qu'il divise, à cause de sa figure, ne garderoit point sa premiere direction, et qu'il décriroit une ligne courbe, quoique dans un milieu très-uniforme.

C'est une chose qui se trouve bien confirmée par une expérience aussi simple que fréquente. Toutes les fois qu'on jette horizontalement quelque corps tranchant et convexe d'un côté, comme une écaille d'huître, ou toute autre chose équivalente, on ne le voit jamais suivre la direction qu'on lui a donnée ; et si l'on a tourné la convexité en-bas, on remarque très-souvent qu'il s'éleve malgré le penchant de son propre poids.

On peut observer aussi que les oiseaux pesans, comme les corbeaux, les pigeons, les pies, etc. quand ils s'abattent après un long vol, ne manquent point de courber leurs aîles et leur queue, pour se donner une figure convexe en-dessous ; ce

qui les dirige nécessairement dans une courbe fort alongée qui adoucit leur chûte. Ces mêmes oiseaux au contraire se posent d'une maniere pesante, et se heurtent souvent contre la terre, lorsqu'ils sont trop jeunes, parce qu'ils descendent par une ligne moins inclinée à l'horizon, soit qu'ils ne sachent point encore prendre une figure qui les dirige autrement, soit que leurs plumes encore trop courtes, ou leurs membres trop foibles, ne le leur permettent pas.

II. EXPÉRIENCE.

Applications.

ABC, *Fig.* 4, est un quart de cercle, auquel on a fixé un canon de fusil sur le rayon *AB*, et que l'on a attaché à une muraille, ou à quelque chose d'inébranlable, de maniere cependant qu'il puisse tourner sur le point *B*; à 18 ou 20 pieds de distance est un baquet ou une baignoire de 4 ou 5 pieds de longueur, pleine d'eau, dont on couvre la surface avec une gaze tendue, ou avec de grandes feuilles de papier. *F* est un

chassis garni de gaze ou de papier, qui a environ 18 pouces de hauteur et 1 pied de largeur. Ce chassis s'éleve perpendiculairement à la surface de l'eau ; et sa base *DE*, qui est une planche un peu pesante, se place sur les bords du baquet, à une distance suffisante de son extrémité *G* Il faut avoir soin de revêtir le petit côte *G* du baquet avec une planche de sapin fort épaisse et bien unie, qui le préserve d'accident, et sur laquelle on puisse appercevoir l'impression d'une balle. Enfin, tout étant ainsi disposé, on charge le canon avec de la poudre en suffisante quantité, et avec une balle de plomb qui soit de calibre, s'il est possible ; on le dirige vers le point *I*, de maniere qu'il fasse avec la surface de l'eau, un angle de 30 ou 40 degrés, et l'on y met le feu avec une petite meche placée en *a*. Voyez *la Figure citée.*

EFFETS.

La balle après avoir percé les deux gazes en *I* et en *K*, au lieu de continuer son mouvement dans cette direction pour venir en *L*, va frapper

IV. LEÇON.

la planche de sapin en *H*, par une ligne qui fait angle avec la premiere qu'elle a suivie en venant d'*A* en *K* : ce que l'on apperçoit facilement en faisant écouler l'eau du baquet, et en replaçant l'œil ensuite en *I*; car on remarque que le point *H* est sensiblement au dessus de sa premiere direction, et que la réfraction qu'elle a soufferte au point *K*, en entrant dans l'eau, l'a éloignée de la perpendiculaire *Pp*, plus qu'elle ne l'auroit été, si elle avoit continué de se mouvoir directement jusqu en *L*.

EXPLICATIONS.

C'EST une suite des loix du mouvement, qu'un mobile se porte toujours du côté où il trouve moins de résistance ; car l'effet étant proportionnel à sa cause, un corps qui rencontre en même temps deux obstacles, doit souffrir davantage de celui qui est le plus fort, et vaincre aussi plus aisément celui qui l'est moins : or vaincre plus aisément un obstacle, c'est le repousser d'une certaine quantité en moins de temps, ou le repousser davantage dans une temps déter-

miné. Car un obstacle, tel qu'il soit, ne cede jamais sensiblement dans un instant indivisible ; le plus foible est donc celui qui se laisse vaincre dans un temps plus court.

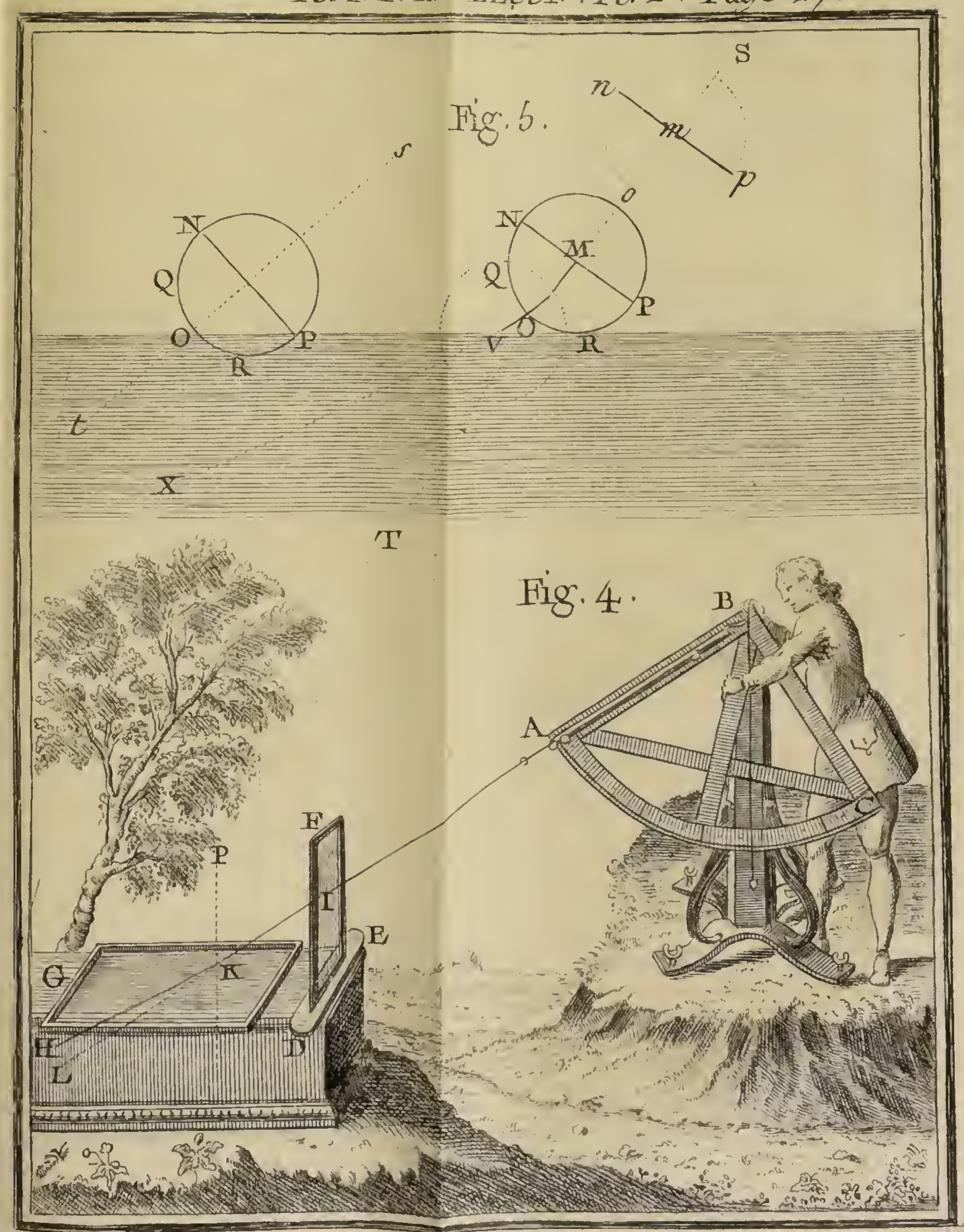
L'air et l'eau dans lesquels la balle de notre expérience a passé successivement, ont fait obstacle l'un après l'autre à son mouvement ; mais tant qu'elle a été entiérement dans l'un ou dans l'autre de ces deux milieux, la résistance ayant été également dispersée à toutes les parties de l'hémisphere antérieur, comme nous l'avons fait voir dans l'explication de la premiere expérience, sa direction n'a point dû changer ; les obstacles, ou les parties résistantes du fluide se faisant équilibre de part et d'autre, elle a dû persévérer constamment dans la ligne *A K*, et ensuite dans la ligne *K H*.

Si l'égalité des obstacles contre toutes les parties de l'hémisphere anterieur *nop*, *Fig.* 5. entretient le corps *m* dans sa direction, tant qu'il est dans un seul et même lieu ; il est évident qu'en passant obliquement de l'air dans l'eau, ce même hémisphere, pen-

IV. LEÇON.

dant tout le temps de son immersion, rencontre des obstacles plus difficiles à vaincre d'un côté que de l'autre de sa surface Car, par exemple, le point *R* venant à toucher l'eau éprouve plus de résistance que le point *Q*, qui ne rencontre encore que de l'air. Ainsi l'équilibre étant rompu entre les obstacles de part et d'autre, le centre *M* se porte du côté des plus foibles, et commence à s'écarter de sa premiere direction *ST*. Mais comme la différence qu'il y a entre la résistance de l'eau et celle de l'air, est principalement fondée sur le temps qu'il faut employer pour repousser l'un ou l'autre de ces deux fluides, cette différence augmente à mesure que la vîtesse du mobile diminue; car si la balle de plomb repoussoit l'air et l'eau avec une vîtesse infinie, leurs résistances étant nulles, ou infiniment petites, il n'y auroit point de différence entr'elles.

Le mouvement du corps *M* ralenti de plus en plus par son immersion dans l'eau, doit donc se ressentir de cette différence augmentée entre la résistance qui se fait en la partie *ORP*,


Fig. 5.
S
n
m
p
s
o
N
M
Q
P
O
R
V
t
X
T
Fig. 4.
B
A
C
F
P
I
E
G
K
H
L
D

et celle qui agit contre *OQN*. Ainsi le centre *M* doit abandonner de plus en plus sa premiere direction, et descendre par une petite ligne courbe, dont le dernier élément commence la nouvelle direction *VX*, que la balle suit après son immersion.

APPLICATIONS.

L'expérience précédente nous conduit naturellement à une remarque qui peut être de quelque utilité à ceux qui veulent tuer du poisson à coups de fusil. Quelque bons tireurs qu'ils puissent être, ils manqueroient souvent leur proie, s'ils omettoient d'avoir égard à la réfraction que doit souffrir le plomb en entrant dans l'eau. Ce que nous avons fait voir ci-dessus, prouve qu'il faut tirer plus bas que l'objet, puisque le coup se releve toujours dans l'eau, quand on tire obliquement. A la vérité, comme on ne peut tirer qu'à une petite profondeur, à cause de la grande résistance de l'eau, et que la pesanteur du plomb dont la vîtesse est affoiblie, détruit une partie de la réfraction en le faisant baisser; comme d'ailleurs

IV. LEÇON.

on doit supposer que l'objet qu'on se propose de toucher, a une certaine étendue ; il semble que dans la pratique, ce changement de direction qu'éprouve le plomb en entrant dans l'eau, n'est point une chose fort importante par elle-même, et qu'on pourroit la négliger. Mais il faut faire attention que le poisson que nous voulons tirer, ne se voit que par des rayons de lumiere qui viennent de lui à nous, qui passent obliquement de l'eau dans l'air, et qui étant par conséquent dans le cas de la réfraction, ne nous représentent point l'objet dans le vrai lieu où il est. Ajoutez à cela, (et c'est ce qu'il y a de plus necessaire à remarquer) que la réfraction de la lumiere se fait en sens contraire de celle des autres corps, comme nous le ferons voir en traitant de l'Optique ; de sorte que le lieu apparent du poisson est plus elevé que son lieu réel : ce qui donne de nouvelles forces à la raison qu'on auroit de tirer plus bas, quand on n'auroit égard qu'à la réfraction du plomb.

Quoique les réfractions s'observent

le plus ordinairement dans des milieux fluides, on peut dire en général qu'elles ont lieu dans tous les corps, même solides, lorsque le mobile qui les pénetre, y rencontre obliquement des couches de matieres plus résistantes les unes que les autres. Il arrive, par exemple, très-souvent, lorsqu'on veut percer une planche avec un poinçon, ou avec une aiguille mince et flexible, que le fer se courbe, et ne suit point le direction qu'on s'est efforcé de lui donner; c'est que la pointe a rencontré obliquement des parties plus dures les unes que les autres, comme il est aisé d'en remarquer dans le sapin, où ces sortes de réfractions se font souvent; car on a de la peine à y chasser un clou selon son gré, sur-tout s'il est long et mince.

La réfraction est susceptible de plus et de moins. Nous avons vu qu'elle est nulle, lorsque la direction du mobile est perpendiculaire à la surface du milieu réfringent; elle commence avec l'obliquité d'incidence, et elle augmente avec elle, et proportionnellement à elle. Car la balle qui tombe par *S T*, *Fig.* 5 souffre moins

IV. LEÇON.

de réfraction, que celle qui est dirigée par *st*; et si l'on se rappelle ce que nous avons dit pour rendre raison de la réfraction en général, on appercevra facilement, et par l'inspection seule de la figure, que la cause de cet effet augmente à mesure que l'immersion devient plus oblique. Car on voit que plus la direction est inclinée à la surface de l'eau, plus la partie *O Q N* de l'hémisphere antérieur est de temps dans l'air; et par conséquent, plus les résistances qui se font de la part de l'eau en la partie *ORP*, ont l'avantage sur celles qui agissent contre les points correspondans *O Q N*.

Mais dans quelque degré que l'on considere la r fraction, on la trouve toujours proportionnelle à l'incidence du mobile, quand les milieux ne changent point; et l'on en juge en comparant les angles d'incidence *ACP* et *BFD*, *Fig.* 6, avec ceux de réfraction, *a C p* et *b F d*, que l'on mesure par les lignes *P A*, *a p*, qui en sont les sinus; car si *PA*, est à *ap* comme 2 est à 3, les deux lignes semblables *DB* et *db*, qui représentent

le cas d'une réfraction plus grande, sont encore dans le même rapport entr'elles.

Nous n'entreprendrons point de prouver ceci par des expériences; la difficulté de diriger des corps graves dans des lignes parfaitement droites et obliques à la direction naturelle de leur pesanteur, ne nous le permet pas. Nous aurons lieu de le faire commodément, en traitant de la lumiere, qui n'a pas cet inconvénient.

Nous ajouterons seulement, et nous le prouverons par le fait, que quand l'incidence est parvenue à un certain point d'obliquité, la réfraction se fait hors du milieu réfringent, (ce que l'on nomme alors *réflexion*,) de maniere, par exemple, qu'une pierre, ou une balle de plomb, au lieu de passer de l'air dans l'eau, comme nous l'avons vu précédemment, se releve après avoir touché la surface, et forme avec elle un angle presque semblable à celui qu'elle avoit fait en tombant. Voyez la *Fig.* 7.

IV. LEÇON.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut disposer le quart de cercle de la *Fig.* 4. de maniere que le canon et sa ligne de direction *MN*, *Fig.* 7. fassent avec la surface de l'eau *NP*, un angle d'environ 5 degrés, et placer à l'autre bout du baquet une planche de bois tendre *S*, qui s'éleve perpendiculairement à la surface de l'eau, et qui se présente de face à la longueur du même baquet : il faut aussi placer à fleur d'eau un chassis de gaze, qui ait environ un pied de longueur. Le canon ayant été chargé comme précédemment, il faut y mettre le feu.

EFFETS.

La balle de plomb étant parvenue en *N*, au lieu d'entrer dans l'eau, et d'y souffrir une réfraction, comme dans la seconde expérience, rejaillit du point de contact, et va frapper la planche en *S*, faisant son angle de réflexions *ONS*, à-peu-près égale à celui de son incidence *MNP*.

EXPLICATIONS.

En expliquant ci dessus les causes de la réfraction, nous avons fait con-

noître que la résistance du milieu contre une boule qui se meut en ligne droite, s'exerce sur la moitié de la surface sphérique *NOn*, *Figure* 3. nous avons fait voir aussi, en expliquant la seconde expérience, que quand cet hémisphere vient à toucher en même temps deux milieux dont l'un résiste plus que l'autre, le corps entier dont il fait partie, se porte davantage du côte du plus foible. Delà il suit que cette déviation doit être d'autant plus grande, que les fluides résistants different plus entre eux, et que le plus foible des deux occupe une plus grande partie de l'hémisphere *PROQN*, *Fig.* 5. La résistance de l'air est très-petite, ou dure très-peu en comparaison de celle de l'eau, et quand la balle de plomb est dirigée par une ligne fort inclinée, comme dans notre expérience, on peut voir par la *Figure* que la partie qui répond à l'air, est beaucoup plus grande que celle qui touche l'eau. Ainsi l'excès de résistance de la part de ce dernier milieu, devient comme un point fixe qui refuse le passage au mobile assez long-temps

IV. LEÇON.

pour lui donner lieu de continuer son mouvement dans l'air, qui lui cede très-promptement.

Jusqu'ici l'on voit assez bien pourquoi la balle n'entre point dans l'eau, et par quelle raison elle acheve son mouvement dans l'air, après avoir touché par une direction fort oblique le milieu le plus résistant. Mais il faut convenir que ce que nous avons dit ne suffit pas pour faire entendre ce qui la détermine à remonter de bas en haut, par une autre direction oblique, qui se trouve dans le même plan que celle de son incidence : car de ce qu'elle doit achever son mouvement dans l'air, il ne s'ensuit pas qu'elle soit obligée de s'élever après avoir descendu ; s'il n'y avoit aucune cause pour produire cet effet, il paroît qu'on ne devroit s'attendre qu'à voir glisser ou rouler cette balle sur la surface de l'eau, quand une fois elle y seroit parvenue, et qu'il lui resteroit assez de vîtesse pour rendre l'effet de sa pesanteur insensible. En un mot, tout ce que peut faire la résistance de l'eau, c'est d'interdire le passage au mobile ; mais en ne con-

sidérant en elle qu'un obstacle invincible, on ne voit pas qu'elle puisse se déterminer à monter, ce qui jusqu'au point de contact est bien déterminé à descendre. Il y a donc quelque chose de plus à considérer, soit dans l'eau qui réfléchit, soit dans la balle qui souffre cette réflexion, ou bien dans l'une et dans l'autre, relativement aux circonstances où elles se trouvent dans notre expérience. Mais comme ce qui se passe ici à la rencontre d'une surface fluide dans le cas d'une incidence fort oblique, arrive toujours, quand un mobile tombe sur un plan solide à telle inclinaison que ce soit, nous remettons à en examiner la cause en parlant du mouvement réfléchi dans la Section suivante. Il nous suffira pour le présent d'avoir fait connoître qu'il y a telle obliquité d'incidence où la surface de l'eau se comporte à l'égard d'une balle de plomb, ou de tout autre corps dur, comme un plan solide et impénétrable.

APPLICATIONS.

L'expérience que nous venons d'expliquer, doit servir de regle à

IV. LEÇON.

ceux qui tirent dans l'eau. S'ils ne tirent pas de fort près ou d'un lieu élevé, la direction du coup peut devenir trop oblique, et le plomb pourroit bien ne pas entrer dans l'eau. Telle personne qui se croiroit en sûreté sur le rivage opposé, courroit risque d'être blessée : et c'est toujours une précaution fort sage, de ne se point rencontrer dans le plan de la réflexion. Dans un combat naval, combien de boulets de canon voit-on se relever ainsi, après avoir touché la mer, et faire par un mouvement réfléchi ce qui sembleroit devoir manquer par leur premiere direction ?

Mais sans aller chercher des exemples si terribles, un jeu d'enfants que tout le monde connoît sous le nom de *ricochets*, nous montre la même chose avec moins de danger. Une pierre un peu tranchante par les bords, plus épaisse du milieu, et lancée fort obliquement à la surface de l'eau, se releve du point de contact par les raisons que nous avons rapportées ; et si elle a reçu une quantité suffisante de mouvement, lors-

que son propre poids la détermine de nouveau dans une incidence oblique, il donne occasion à une nouvelle réflexion qui se réitere souvent 5 ou 6 fois de suite.

Des expériences que j'ai répétées avec soin, mais que je n'ai point encore eu d'occasion de faire assez en grand, pour voir jusqu'à quel point la pratique s'approche de la théorie, m'ont déjà fait voir que la surface de l'eau ne commence point à réfléchir sous le même angle, ou à pareille obliquité d'incidence, toutes sortes de corps indifféremment. J'ai remarqué qu'une balle de 6 lignes de diametre entroit dans l'eau, quand sa direction faisoit un angle de 6 degrés avec la surface, tandis qu'une plus grosse, à pareille incidence, étoit réfléchie : et je ne doute pas qu'un boulet de canon ne le soit sous un angle beaucoup plus ouvert, et que cela ne varie autant que le diametre des boulets. Car la résistance de l'eau est d'autant plus grande, que les parties choquées sont en plus grand nombre; quand un mobile sphérique tombe sur sa surface, et vient à la tou-

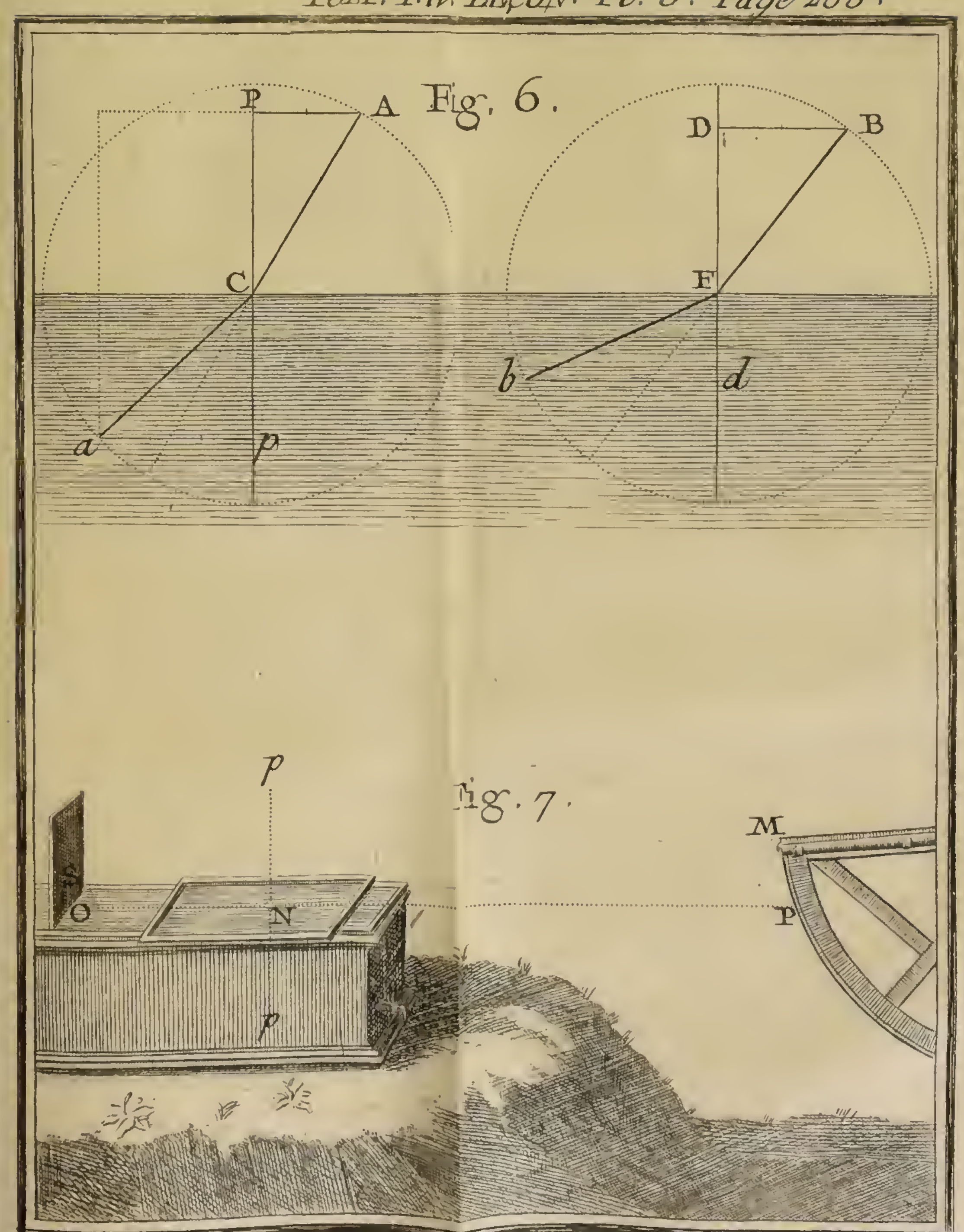
IV. LEÇON.

cher avec un mouvement considérable, on ne doit point croire que ce soit par un seul point, c'est toujours par un segment, & ce segment éprouve d'autant plus de résistance, quil fait partie d'une sphere plus grande; parce qu'ayant plus d'étendue avec moins de convexité, il heurte plus directement un plus grand nombre de parties d'eau.

En général on peut dire que la déviation occasionnée par la rencontre du nouveau milieu, dépend la résistance plus ou moins grande qu'il oppose à une partie de l'hémisphere antérieur du boulet : or pour évaluer cette résistance, il faut avoir égard à la densité du milieu réfringent, à la grandeur du mobile, à la vîtesse, & à l'obliquité de son incidence.

Après avoir examiné les changemens qui arrivent à la direction d'un mobile quand il rencontre un obstacle qu'il peut pénétrer, ou dans lequel il peut continuer son mouvement; voyons maintenant ce qui arrive à ce même mobile, quand l'obstacle est un corps solide qui lui refuse le passage.

II.


Fig. 6.
P
A
D
B
C
E
b
d
a
p
Fig. 7.
p
M
O
N
P
p

II. SECTION.

Du Mouvement réfléchi.

Nous avons supposé dans la Section précédente, que ce qui tendoit à changer la direction du mobile, étoit une matiere qu'il pouvoit pénétrer, et dans laquelle il avoit la liberté de continuer son mouvement d'une maniere assez considérable, pour donner lieu d'appercevoir s'il obéissoit à une nouvelle détermination. Maintenant nous supposons un obstacle invincible, une masse inébranlable qu'il ne puisse déplacer, ni entr'ouvrir, pour passer outre. Je dis, pour passer outre; car comme il n'y a point de matiere parfaitement dure, et dont les parties ne cedent à une force suffisante; lorsqu'un corps en choque un autre, quand bien même ce dernier ne pourroit être déplacé à cause de sa grandeur, il se fait toujours un enfoncement à l'endroit du contact; et si cet enfoncement est tel que le mobile s'introduise dans la masse,

IV. LEÇON.

comme lorsqu'un boulet de canon s'enterre, ou qu'on tire une balle de mousquet dans du sable, ou dans de la neige accumulée; alors l'obstacle enfoncé devient un nouveau milieu; et s'il y a réfraction, elle se fait selon les lois que nous avons établies ci-dessus.

L'obstacle, ou le corps choqué, étant donc, tel qu'on le suppose, inébranlable quant à sa masse totale, mais flexible quant à ses parties, il est question de savoir comment le mobile sera dirigé après le choc.

Mais avant que de répondre à cette demande, il est à propos d'examiner si le corps qui choque continuera de se mouvoir; car s'il devoit rester sans mouvement, en vain chercheroit-on quelle doit être sa direction; et il y a bien des cas où l'obstacle le réduit au repos, sans lui rien rendre de ce qu'il lui a fait perdre.

Pour fixer nos idées, représentons-nous une bille d'acier lancée contre une muraille; et pour plus de simplicité, regardons le corps choquant comme parfaitement dur; et ne considérons que la flexibilité du corps cho-

qué. Au premier instant du contact, la bille exerce contre un très-petit espace de la pierre qu'elle rencontre, un effort qui est comme sa masse et sa vîtesse actuelle. Ce petit nombre de parties ainsi comprimées par l'acier, cedent à son mouvement, reculent sur les parties les plus prochaines, et celles-ci sur d'autres; la pierre se condense en cet endroit, et il se fait un petit enfoncement : mais cet effet ne se produit pas avec une vîtesse égale à celle qu'avoit le mobile au moment qu'il a commencé à toucher, car ce qui a été déplacé, a résisté, et toute résistance (quoique vaincue) détruit une partie de la force qui la fait céder : ainsi à la fin du premier instant la bille d'acier se trouve retardée, et son effort au commencement du second instant est moindre qu'il n'étoit d'abord.

Mais comme les parties choquées pendant le premier instant, ont cédé en arriere, leur introcession ou enfoncement a donné lieu à la bille d'acier de toucher la pierre par une plus grande surface. Le mobile perdra donc plus de sa vîtesse pendant le se-

cond instant que pendant le premier; 1.° parce qu'il aura plus de parties à repousser ; 2.° parce que celles du milieu qui ont eté enfoncées précédemment, résistent davantage qu'elles n'ont pu faire pendant le premier instant ; car alors la matiere choquée étoit moins condensée, et le corps choquant avoit plus de mouvement.

On voit par l'examen de ces deux premiers instans, que la bille d'acier en formant un enfoncement dans la pierre, doit diminuer de vîtesse, par des quantités qui vont toujours en augmentant, puisque les parties qui reçoivent son effort, se multiplient à chaque instant, et que se trouvant de plus en plus appuyées par celle de derriere, leur résistance commune croît pour le moins en raison de ces deux causes.

La vîtesse du mobile a beau être retardée uniformément, ou non, cette diminution ne doit point empêcher qu'il ne persévère dans sa premiere direction, tant qu'il lui reste du mouvement : ainsi l'enfoncement qui se fait dans la pierre, n'est achevé que quand la bille cesse de se mou-

voir ; et réciproquement on peut conclure qu'elle est réduite au repos, quand les parties de la pierre ne cédent plus : de sorte que s'il ne se trouve alors quelque nouvelle cause pour rétablir le mouvement dans la bille, comme elle a consumé entiérement celui qu'elle avoit reçu dans sa premiere détermination, on ne voit pas qu'elle puisse se mouvoir davantage, et en effet l'expérience fait voir qu'elle ne se meut plus, car si l'endroit de la muraille qui est exposé au choc, est de la pierre tendre ou du plâtre, la bille demeure dans le trou qu'elle a fait, ou bien elle retombe par son propre poids, si rien ne l'arrête.

Il n'en est pas de même si le mobile rencontre pour obstacle une pierre dure ; on le voit rejaillir après le choc, et dans un sens différent de sa premiere direction : ce mouvement se nomme *réfléchi*. Voyons donc quelle en est la cause, et quelles sont les loix qui le dirigent.

Dans la pierre, comme dans le plâtre, il se fait pendant le choc un enfoncement qui ne differe que du plus au moins. Mais quand l'obstacle

IV. LEÇON.

est élastique, que les parties enfoncées ont la vertu de se rétablir dans le lieu et dans l'ordre où elles étoient avant leur déplacement, il est aisé de voir pourquoi le corps choquant recommence à se mouvoir, et ce qui le détermine dans une direction différente de celle qu'il avoit d'abord : car ces parties enfoncées, en se rétablissant, repoussent le mobile devant elles, et tendent à le diriger comme elles le sont elles-mêmes.

Mais tous les corps élastiques ne le sont pas également, et l'on peut dire qu'on n'en connaît aucun qui le soit parfaitement : nous le supposerons cependant pour rendre notre théorie plus simple, et nous considérerons d'abord le choc direct, c'est-à-dire, celui d'un mobile dirigé perpendiculairement à la surface de l'obstacle.

En supposant que l'obstacle *DE*, *Fig.* 8, est un corps dont l'élasticité est parfaite, le point de contact *A*, porté en *B* par l'effort du mobile *C*, doit revenir de *B* en *A*, avec une vîtesse égale à celle avec laquelle il avoit éte déplacé. Le corps *C* qu'il

chasse devant lui, parcourt en même tems le même chemin, et lorsque par cette réaction il est redevenu tangent à la surface *DE*, il se trouve qu'il a pour aller d'*A* en *F*, le même degré de mouvement qu'il avoit lorsqu'en arrivant d'*F* en *A*, il a commencé l'enfoncement *dBe*. Ainsi l'obstacle dont le ressort seroit parfait, rendroit au mobile, par une réaction complette, tout le mouvement qu'il lui auroit fait perdre dans le temps de la compression. Il s'agit maintenant de régler la direction de ce mouvement réfléchi.

En expliquant la réfraction *, nous avons fait voir que quand le mobile *M* tombe perpendiculairement sur le milieu réfringent, il ne quitte point la ligne de sa premiere direction, et qu'après comme avant l'immersion, il tend au même terme, parce que toutes les parties de son hémisphère antérieur sont également soutenues par la résistance du fluide, et qu'il n'y a aucune cause qui favorise ou qui ralentisse son mouvement plus d'un côté que de l'autre. Par une raison semblable, si la surface *DE*, *Fig.* 8,

* Page 263. Fig. 3.

N 4

IV. LEÇON.

est solide et parfaitement élastique, le mobile qui vient d'*F* en *A*, après avoir formé l'enfoncement *dBe*, sera renvoyé dans la même ligne exactement et vers le point *F*, parce que les parties correspondantes *G*, *H*, obéissent à des réactions parfaitement semblables, dont l'équilibre entretient nécessairement le centre *C* dans une ligne qui a pour termes *A*, *F*.

* Page 275. Fig. 5.

Nous avons encore prouvé * que dans le cas de l'immersion oblique, le mobile abandonne sa premiere direction, et nous en avons fait voir la cause dans l'inégalité des résistances qui agissent sur les points *P*, *R*, *O*, *Q*, *N*, pendant que cet hémisphere se plonge dans le milieu réfringent. Nous avons remarqué aussi que cette déviation du mobile étant causée par des retardemens qui vont toujours en augmentant, jusqu'à ce qu'il soit plongé, le centre *M* suit une petite courbe *MV*.

La même chose arrive, et par des raisons semblables, lorsqu'un corps sphérique tombe obliquement sur un plan solide et à ressort, *Fig.* 9. Les parties enfoncées sont autant de petits

ressorts qui ont été tendus par l'effort du mobile, et qui ralentissent sa vîtesse de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin il ait consumé tout le mouvement qu'il avoit lorsqu'il a commencé à toucher la surface du plan en *I*. Delà vient la petite courbe *il* que décrit le centre du mobile; et il est évident que si ce plan enfoncé finissoit au point *L*, la bille s'échapperoit par la ligne *Lm*; et son centre par conséquent suivroit la paralelle *lm*.

Mais comme pendant l'enfoncement, elle touche le plan par une surface et non par un point; et que tous les ressorts qu'elle a tendus se déploient successivement, et selon l'ordre dans lequel ils ont été comprimés, il s'ensuit ce double effet: 1.° elle reprend son premier degré de mouvement; parce qu'elle est repoussée avec autant de force qu'elle a comprimé. 2.° Elle remonte par une courbe *MP*, *Fig.* 10, semblable à celle qu'elle a suivie en faisant son enfoncement; parce que les ressorts qu'elle a tendus se débandent contre sa partie postérieure, et lui donnent une vîtesse qui s'accèlere depuis *M*

N 5

jusqu'en *P*. de même que celle qu'elle avoit d'abord, a été retardée depuis *I* jusqu'en *M*. Ainsi, comme l'extrémité *I* de la ligne de son incidence a été le commencement de la premiere courbe, celle de la reflexion *PQ* est la continuation de la seconde, et de cette maniere, l'angle *RMQ* devient égal à *SMT*.

L'égalité des angles d'incidence et de réflexion se démontre d'une maniere plus géométrique, en supposant un principe que nous prouverons ci après, en parlant du mouvement composé, savoir, que le mobile qui parcourt la ligne *TM*, se comporte comme s'il obéissoit à 2 puissances, dont une lui auroit donné la vîtesse nécessaire pour parcourir la ligne *TV*, pendant que l'autre le feroit descendre de la hauteur *TS*. Si, lorsqu'il est parvenu en *M*, une cause quelconque anéantit son mouvement de haut en bas, sans rien diminuer de celui qui le transporte horizontalement; il est évident que, dans un tems semblable à celui qu'il a employé pour venir de *T* en *M*, il ira d'*M* en *R*, n'étant plus commandé

que par une seule puissance. Mais au lieu de cette supposition, si lorsque le mobile est en *M*, la puissance qui le commandoit de haut en bas, se trouve tout d'un coup convertie en une autre d'égale force, mais qui le sollicite à se mouvoir de bas en haut; il remontera sans doute par *MQ*, avec le même degré de vîtesse qu'il avoit en descendant par *TM*. Or, nous avons vu précédemment comment de ces deux mouvemens dont l'incidence oblique est composée, celui qui est perpendiculaire au plan, s'anéantit dans le mobile, et se change à pareil degré en un autre qui est opposé dans la même ligne.

Jusqu'ici, nous avons supposé le mobile inflexible, et nous n'avons considéré que le ressort du plan qui réfléchit; mais il est aisé de concevoir que les mêmes effets auroient lieu, si le plan étoit parfaitement dur, et que la bille fût un corps à ressort; car dans le choc elle s'applatiroit, et les parties enfoncées, en se rétablissant, s'appuieroient sur le plan, et repousseroient le mobile avec la même vîtesse avec laquelle elles au-

IV. LEÇON.
roient été comprimées, et dans un sens contraire.

A la vérité, ni l'une ni l'autre de ces deux suppositions ne représente la nature; car si l'on ne connoît pas de corps dont le ressort soit parfait, on ne voit pas non plus de corps solides qui en soient entiérement privés. Ainsi, toutes les fois qu'il y a réflexion, l'on peut dire que le mobile et l'obstacle y ont tous deux part, selon leur degré d'élasticité.

Il peut même arriver qu'un troisieme, pressé entre l'un et l'autre dans le tems du choc, entre pour quelque chose dans le mouvement réflechi, en faisant l'office d'un ressort qui se débande d'une part contre le plan, et de l'autre contre le mobile; et alors, soit que l'incidence soit directe, soit qu'elle soit oblique, on doit encore en attendre tout ce qui a été énoncé ci-dessus, lorsque nous n'avons supposé du ressort que dans l'obstacle ou corps choqué.

Il paroît donc que les choses les plus importantes à savoir touchant le mouvement réfléchi, peuvent se

Fig. 10.

Q V T
P I
R M S
p i

F

Fig. 8.

C
D d G A H c E
B

Fig. 9.

i
m l
I
M L



réduire à ces deux chefs : 1.° que le ressort est la cause nécessaire de la réflexion ; 2.° que la direction du mouvement réfléchi est telle, que l'angle de réflexion est égal à celui de l'incidence du mobile, lorsque la réaction est parfaite.

Quoique ces deux propositions ne puissent se prouver par des expériences rigoureusement exactes, parce que nous ne connoissons aucun corps solide qui ait un ressort parfait, ou qui n'en ait pas du tout ; et que d'ailleurs la pesanteur du mobile et la résistance de l'air détruisent une partie des effets ; cependant on peut faire sentir ce qui doit être, en faisant voir par des à-peu-près ce qui est. Nous aurons soin de remarquer ce qui se mêlera d'étranger dans les faits, et le restant nous représentera suffisamment ce que nous venons d'enseigner.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 11, doit être placée de ma-

IV. LEÇON.

niere que sa base soit dans un plan horizontal; *AB* est une cuvette qui a environ un pouce de profondeur; on la remplit de terre glaise que l'on a mêlée avec du sable fin, en telle quantité qu'elle soit très-flexible, sans être cependant trop visqueuse. Cette cuvette se peut mouvoir sur un pivot qui est au point *A*, et elle s'arrête à tel degré d'inclinaison que l'on veut, par le moyen d'une agraffe et d'une vis qui est en *B*. *C* est un petit canon de cuivre fixé à un coulant à ressort, qui glisse dans une raînure à jour, pratiquée au bras de la potence, et par lequel on fait passer une balle de plomb calibrée.

Effets.

Quand on laisse tomber la balle de plomb par le petit canon *C*, soit qu'elle arrive perpendiculairement à la surface de la cuvette, soit que cette cuvette se présente obliquement à sa chûte, il se fait un enfoncement dans la terre molle, et la balle y perd tout son mouvement.

Explications.

Quand la balle en tombant a commencé à toucher la terre molle, elle avoit une certaine quantité de mouvement; c'est aux dépens de ce mouvement qu'elle a déplacé une portion de la matiere flexible. Elle a donc dû cesser de se mouvoir quand les parties qu'elle a rencontrées en repos dans sa direction, ont été portées aussi loin que l'exigeoit la valeur de son effort; et elle n'a pas dû cesser plutôt, parce qu'un corps en mouvement ne peut être réduit au repos que par un obstacle dont la résistance égale le produit de sa force.

Que la balle tombe perpendiculairement sur un plan incliné à l'horizon, comme dans l'une des deux expériences précédentes, ou bien qu'elle vienne par une ligne oblique contre un plan horizontal, comme le représente la *Fig.* 12; c'est absolument la même chose, quant à l'effet qui doit s'ensuivre; et si le plan est flexible et sans ressort, comme nous le supposons, le mouvement de la balle doit s'y consumer entiere-

IV. LEÇON.

ment aussi bien que dans le cas précédent ; car la direction oblique ne change rien à ce que nous avons dit pour la chûte perpendiculaire ; elle ne pourroit tout au plus qu'occasionner une petite réfraction que nous négligeons, parce que nous supposons l'enfoncement peu considérable ; mais elle n'a rien par elle-même qui puisse remettrè le mobile au dessus du plan qu'il a une fois touché.

APPLICATIONS.

Les corps sans ressort, ou dont l'élasticité est très-foible, sont plus propres que d'autres à rompre les efforts violens, parce qu'ils retardent par degrés la vîtesse du mobile, et qu'ils le réduisent au repos, en cédant de plus en moins. Pour bien entendre ceci, il faut faire attention qu'il n'y a nul mouvement, si prompt qu'il puisse être, qui n'emploie un temps fini ; ainsi quand le corps *M*, *Fig.* 13, descend par la ligne *DE*, pour faire la place de son hémisphere dans la terre molle, quoiqu'à nos sens cet effet paroisse se passer dans un instant indivisible, il faut pourtant

concevoir le temps de cet enfoncement comme partagé en plusieurs instans égaux, pendant lesquels le mobile déploie sa force contre les parties qui cédent. Mais cette force diminue à chaque instant, et elle diminue par des quantités qui croissent beaucoup plus que les temps; car au second instant les résistances sont en plus grand nombre que dans le premier, puisque l hémisphere plus enfoncé présente une plus grande surface à la terre molle qu'il faut repousser; et les parties déjà comprimées s'opposent davantage à leur déplacement. On peut donc considérer les trois espaces *D*, *F*, *E*, comme les produits des trois instans égaux, pendant lesquels le corps *M* a consumé toute sa vîtesse en parcourant la ligne *DE*.

Tous les obstacles qui cédent ainsi, partagent l'effort du mobile, et arrêtent comme en plusieurs fois, une puissance qui ne manqueroit pas de les forcer, si toute son action étoit réunie dans un temps plus court. Un tambour résisteroit-il à un seul coup qui égaleroit en force la somme des

coups de baguettes qu'il reçoit en une heure? Une planche de chêne arrête-t-elle une balle de mousquet, qu'un sac rempli de laine ne manque point d'amortir?

C'est par une semblable raison qu'on n'est point blessé par la chûte d'un corps dur qu'on reçoit dans sa main, pourvu que la main céde pendant quelques instans, au lieu de se roidir contre. On risqueroit de rompre la corde, quand on arrête un bateau que le courant de la riviere emporte, si l'on ne prenoit la précaution de la filer peu-à-peu, pour vaincre l'effort par degrés.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On se sert pour cette expérience, de la même machine qui a servi pour la precédente, et qui est représentée par la *Fig.* 11. Au lieu de la cuvette pleine de terre molle, on y place une tablette de marbre noir bien polie, et enduite d'une très-légere couche d'huile; et la balle qu'on fait tomber par le petit canon de cuivre, est d'ivoire.

EFFETS.

Quand ou laisse tomber la balle d'ivoire perpendiculairement sur le marbre, après avoir touché le plan, elle remonte par la même ligne qu'elle a suivie en tombant, mais moins haut que le lieu d'où elle est descendue, et l'on remarque sur la tablette une tache ronde qui a environ une ligne de diametre.

EXPLICATIONS.

Ce que l'on a dit ci-dessus en établissant la question du mouvement réfléchi, suffit pour expliquer le fait que nous venons de rapporter; la tache qu'on trouve sur le marbre, prouve bien que dans le choc il y a eu compression de parties dans l'un des deux corps, et vraisemblablement dans tous les deux, comme on l'a fait voir en parlant du ressort: * et comme après l'expérience on retrouve les surfaces dans le même état où elles étoient avant le contact, il est indubitable qu'elles se sont rétablies, et nous avons fait voir que ce rétablissement, s'il étoit parfait, se-

* Pag. 127.

IV. LEÇON.

roit suffisant pour rendre au mobile dans un sens contraire, tout le mouvement qu'il avoit consumé en suivant sa premiere direction. Si cet effet n'a pas lieu, c'est que la résistance de l'air s'y oppose d'une part, et qu'on a raison de croire que l'ivoire et le marbre ne se rétablissent pas avec la même vîtesse avec laquelle on peut les comprimer.

APPLICATIONS.

Un corps à ressort que l'on a comprimé, et qui a la liberté de se remettre, ne revient à son premier état qu'après un certain nombre de balancements qu'on nomme *vibrations*, et qu'il est facile d'appercevoir dans une lame d'acier dans une corde de clavecin, dans une branche d'arbre, &c. que l'on a pliée et qu'on abandonne à elle-même. Ce mouvement qui ramene le corps élastique au-delà du lieu de son repos, vient de ce que la partie comprimée en se rétablissant reprend le même degré de vîtesse qu'elle a reçu au premier instant du choc, et dans un sens contraire, comme nous l'avons expliqué page

294. Prenons pour exemple une corde de viole ou de clavecin, *Fig* 14. tendue entre deux points fixes *G*, *H*, et contre laquelle on fait heurter un corps solide avec une quantité de mouvement suffisante pour la mener du point *I* au point *K*. Cette percussion alonge la corde ; car il est évident que la somme des deux longueurs *G K et H K*, est plus grande que *G H*. Si elle est libre de se remettre, son ressort ramenera le point *K* en *I*, et alors elle aura dans la direction *I L* une vîtesse égale à celle que lui avoit fait prendre la percussion pour aller en *K*. Cette vîtesse doit avoir son effet ; elle doit transporter le point *I* vers *L* jusqu'à ce que des résistances suffisantes l'ayent fait cesser. Mais si le milieu de la corde se meut ainsi, les parties qui la composent de part et d'autre doivent s'alonger, et leur résistance affoiblira de plus en plus ce mouvement ; il finira enfin, quand toute la vîtesse de la réaction sera consumée, et l'on voit que si la corde en revenant de *K* en *I* se trouve avoir le même degré de vîtesse qu'elle avoit reçu par le

IV. LEÇON.

choc pour descendre en *K*, la ligne *I L* doit devenir égale à *I K*. Si les ressorts étoient parfaits, et que leurs vibrations se fissent dans un milieu non résistant, ces sortes de mouvements seroient perpétuels. Car lorsque la corde, en vertu de sa réaction, est parvenue en *L*, elle a le même degré de tension qu'elle avoit, lorsqu'elle étoit comprimé au point *K*; et par conséquent elle auroit la force nécessaire pour y retourner à la seconde vibration. On en pourroit dire autant de la troisième, et d'une infinité d'autre; mais la réaction n'étant jamais complette par les raisons que nous avons dites, la seconde vibration a moins d'étendue que la premiere, et la troisieme moins encore que la seconde, et ces diminutions enfin laissent reprendre à la corde son premier état.

J'ai pris une corde pour exemple, afin de rendre cette explication plus sensible; mais on doit concevoir que la même chose arrive à tous les corps élastiques, à la différence près du plus au moins, selon la figure et la roideur de leurs parties. Ainsi la peau

d'un tambour devient alternativement concave et convexe ; et la bille d'ivoire qui est tombée sur un marbre, ne reprend sa figure sphérique, qu'après avoit été quelque tems une ellipsoïde, dont le grand diametre est de deux fois une, horizontal et vertical. *Fig.* 15.

C'est une chose remarquable, que le même ressort fait toutes ces vibrations isochrones, c'est-à-dire, dans des tems égaux, soit qu'elles soient petites ou grandes : et l'on a occasion d'en voir la preuve, lorsqu'on met en jeu la machine *, avec laquelle nous avons mesuré les frottemens. Car en comparant les vibrations du ressort spiral avec les oscillations d'une pendule à secondes, on remarquera très-facilement que la premiere et la trentieme se font dans des temps sensiblement égaux.

* IIIe Leçon. Fig. 9.

Il faut remarquer encore que les ressorts tendus se rétablissent avec d'autant plus de vîtesse, qu'il a fallu plus de force pour les tendre ; ainsi quand deux lames seroient également élastiques, si l'une des deux est moins flexible que l'autre, elle fera des vibra-

tions qui auront moins d'étendue, mais qui seront plus fréquentes, comme nous le ferons voir en parlant des sons.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On emploie pour cette expérience la machine qui a servi dans la précédente, *Fig.* 11; mais au lieu de laisser la tablette de marbre dans sa situation horizontale, on l'incline comme la ligne *AD*, et l'on avance le petit canon *C* dans la coulisse, de façon qu'il réponde directement au point *E*.

EFFETS.

Si la balle d'ivoire tombe sur la tablette de marbre par la ligne *NE*, elle va par *EF* se loger dans une ouverture pratiquée à la piece *G*, et dont la largeur est égale à son diametre; et l'on peut remarquer à la surface du marbre une tache qui n'est point parfaitement ronde, comme dans l'expérience précédente, mais un peu oblongue, et située de maniere que son grand diametre se trouve dans le plan de réflexion.

EXPLICATION.

EXPLICATIONS.

Nous avons suffisamment expliqué les causes du mouvement réfléchi; et l'expérience fait voir que l'angle de réflexion *AEF* est presque égal à celui d'incidence *HED*. Je dois donc moins m'arrêter à établir l'égalité de ces angles, qu'à faire connoître pourquoi celui de réflexion n'est pas rigoureusement semblable à l'autre dans le fait. Trois causes concourent à le rendre plus petit : 1.° la balle qui choque, et le plan qui la renvoie, n'ont point un ressort parfait, la réaction n'est donc point complette; 2.° L'air qu'il faut diviser pour passer d'*E* en *F*, retarde un peu la vîtesse du mobile; il est donc plus long-tems en chemin qu'il n'y devroit être, et ce retardement donne lieu au progrès d'une troisieme cause. Car 3.° la pesanteur agit sur la boule d'ivoire, tant qu'elle parcourt *EF*, et la rappelle de haut en bas. C'est pourquoi, au lieu de décrire une droite rigoureuse, elle parvient en *G* par une courbe dont l'extrémité est un

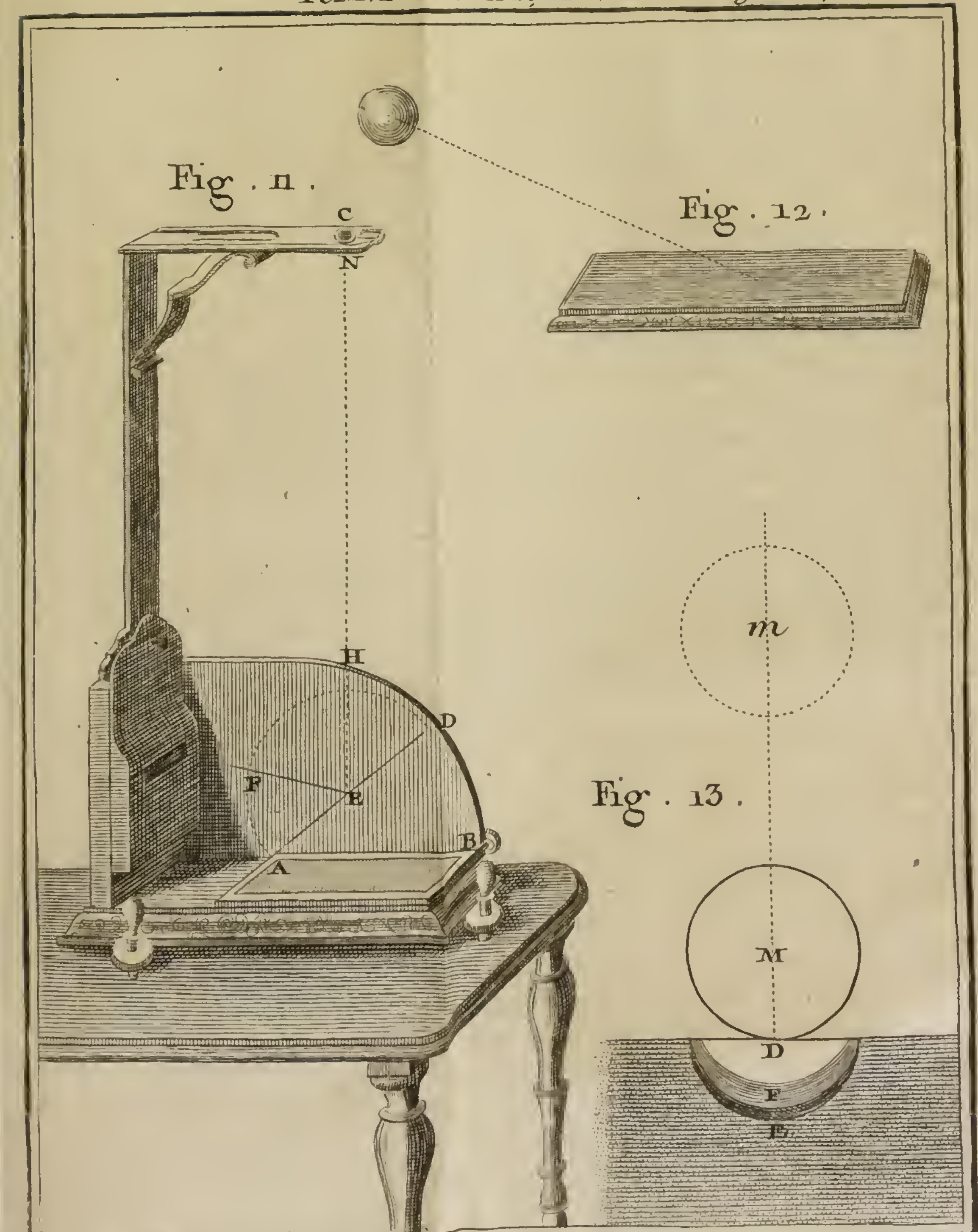
peu plus bas que la direction de son mouvement réfléchi.

Mais si l'égalité des angles n'a jamais lieu dans l'état naturel, n'entrevoit-on pas à travers ces obstacles, qu'elle n'est pas moins une regle établie dans la nature, et fondée sur des loix généralement reconnues?

Le petite tache oblongue que l'on voit sur le marbre après le contact, est une preuve que la boule qui choque obliquement un obstacle, s'y enfonce par une ligne courbe, comme nous l'avons dit à la page 296, et qu'elle sort de cet enfoncement par une pareille ligne; ainsi le grand diametre de la tache oblongue est représenté par la ligne *p i*, *Fig.* 10.

APPLICATIONS.

Le jeu de billard et celui de la paume sont presqu'entiérement fondés sur la regle que nous venons d'établir et de prouver; dans l'un, c'est un mobile sphérique que l'on pousse le plus souvent contre un plan, suivant une direction oblique ou perpendiculaire; dans l'autre, c'est le plan même qu'on présente au mobile,


Fig. 11.
C
N
H
D
F
E
B
A
Fig. 12.
Fig. 13.
m
M
D
F
E



sous différens degrés d'inclinaison ; et la principale chose consiste à bien estimer le mouvement réfléchi, par l'angle d'incidence.

Lorsqu'un boulet de canon tiré horizontalement vient à toucher terre, il rebondit à plusieurs reprises, et l'on remarque sur le terrein des traces beaucoup plus longues que profondes. C'est que le boulet s'enfonce et se releve comme la bille de notre expérience, en suivant deux courbes qui se joignent au dernier degré de l'enfoncement où naît la reflexion. Et comme sa vîtesse de haut en bas est beaucoup moindre que son mouvement horizontal, il parcourt une très-grande longueur dans le temps qu'il descend à peu de profondeur ; et delà vient la grande différence qu'on remarque dans ces deux dimensions, lorsqu'on examine les traces dont nous parlons.

IV. LEÇON.

III. SECTION.

De la communication du mouvement dans le choc des Corps.

Quoique les obstacles solides qui arrêtent ou qui réfléchissent les corps qui se meuvent, n'aient leurs effets qu'en vertu du mouvement qui leur est communiqué par le mobile, et que cette communication se fasse selon les regles que nous avons à établir dans cette Section ; cependant nous avons cru devoir traiter séparément de cette action des corps considérée dans les cas où la masse choquée laisse appercevoir des marques de la percussion qu'elle souffre par un déplacement sensible de tout son volume ; c'est-à-dire, qu'après avoir enseigné ce qui arrive à un mobile, tant par rapport à sa vîtesse, que par rapport à sa direction, de la part d'un obstacle inébranlable, ou considéré comme tel, nous allons examiner les changemens dont l'une et l'autre

(la vîtesse et la direction) sont susceptibles, quand l'obstacle est déplacé ou peut l'être par le choc. Et pour procéder du plus simple au plus composé , nous considérerons premierement les effets de la percussion dans les corps mols, où la réaction n'a pas lieu , pour passer ensuite au choc des corps à ressort.

Nous supposons toujours , pour rendre notre théorie plus simple et plus facile à saisir , 1.° que les corps qui se choquent ont un ressort parfait , ou qu'ils n'en ont point du tout; 2.° que leur mouvement se fait dans un milieu sans résistance et sans frottement; de sorte que la doctrine que nous allons exposer seroit fausse, si les faits qu'elle annoncera , se trouvoient exactement représentés par l'expérience , puisque les empêchemens dont nous faisons abstraction, entrent nécessairement pour quelque chose dans les résultats. Ainsi nos preuves ne doivent passer pour justes , que quand elles paroîtront faire un peu moins que ce qu'on en aura attendu. Si, par exemple , le corps *A* venant heurter le corps *B* , *Fig.*

IV. LEÇON.

16, faisoit sur lui toute l'impression qu'il peut faire, en vertu du mouvement qu'il a en partant du point *a*; il auroit fait plus, puisqu'il auroit encore vaincu les frottemens, la résistance du milieu, etc. Il n'exercera donc sur le corps *B*, qui est son dernier obstacle, que ce qui lui restera de force après avoir surmonté les autres; et si l'on ne tient pas compte de ce qu'il aura perdu pour vaincre ceux-ci, on ne doit point s'attendre à un effet complet, lorsque le choc se fera en *b*.

Nous ne considérons ici que le choc direct, c'est-à-dire, celui de deux corps dont les centres de gravité se trouvent dans la direction de leurs mouvemens, comme dans la *Fig.* 16, et pour en rendre l'exécution plus facile, nous ferons toutes nos expériences avec des corps sphériques, que nous suspendrons à des fils fort déliés, *Fig.* 20, afin de diminuer, autant qu'il est possible, les frottemens et la résistance de l'air; et comme nous aurons souvent besoin de connoître le degré de vîtesse de ces petits globes, nous les tiendrons suspendus à des

points fixes, autour desquels ils pourront décrire des arcs de cercles qui seront mesurés par des graduations, *Fig*. 21. Ce que nous enseignerons dans la suite, touchant la pesanteur, fera connoître comment on peut, par la grandeur de ces arcs, régler la vîtesse des corps qui les décrivent. C'est un procédé qui a été employé avec succès par plusieurs habiles physiciens, et sur-tout par M. Mariotte. La machine dont je me sers, et qui est représentée par la *Fig*. 17, n'est autre chose que la sienne, dont j'ai étendu les usages, et que j'ai rendue plus commode.

Avant que deux corps se choquent, il y a entre eux un espace qui doit être parcouru, ou par l'un des deux entiérement, ou en partie par l'un, et en partie par l'autre; autrement il n'y auroit point de choc. Cet espace ne peut être parcouru que dans un certain temps, et la durée de ce temps mesure la vîtesse *respective* de ces deux corps; c'est-à-dire, la vîtesse avec laquelle la distance diminue, soit que l'un des deux reste en repos, soit qu'ils se meuvent tous

deux dans le même sens, ou en sens contraires, également, plus ou moins vîte l'un que l'autre : de sorte que si deux corps *A*, *B*, *Fig.* 16. distants de 4 pieds, se joignent en une seconde, la vîtesse respective est la même, soit que *B* seul parcoure l'espace entiere, soit qu'il rencontre *A* venant à lui au deuxieme ou au troisieme pied, etc. pourvu que le mouvement qui les approche l'un de l'autre, se passe dans une seconde. Il ne faut donc pas confondre cette vîtesse *respective* avec la vîtesse *absolue* ou propre de chaque mobile ; car on voit par cet exemple, que celle-ci peut varier dans des cas où l'autre ne changeroit point.

La vîtesse respective étant donnée, il faut encore considérer les masses ; car le corps choqué oppose son inertie au corps choquant, et nous avons vu ailleurs que cette espece de résistance se mesure par la quantité de matiere contenue et liée sous le même volume. Ainsi l'on doit s'attendre que dans le choc une grand masse recevra moins de vîtesse qu'une plus petite ; et que pour faire prendre plus de mouvement à un même corps, il en

faudra donner aussi davantage au mobile qui doit le communiquer ; parce que l'inertie résiste non-seulement au mouvement, mais aussi à un plus grand mouvement, comme nous l'avons prouvé ailleurs.

Quand nous avons parlé du mouvement en général, nous nous sommes abstenus d'examiner la nature de cette espece d'être, ou de modification, parce que ces sortes de questions appartiennent plutôt à la Métaphysique, qu'à la Physique expérimentale. Par la même raison nous ne nous arrêterons pas à discuter de quelle maniere la vîtesse passe d'un corps à l'autre. Nous nous bornerons aux faits qui peuvent être constatés, et, en parcourant les cas les plus généraux, nous établirons par voie d'expérience des propositions qu'on pourra regarder comme des principes ou des loix, auxquelles on pourra rapporter d'autres effets plus détaillés, comme autant de conséquences.

IV. LEÇON.

ARTICLE PREMIER.

Du Choc des Corps non élastiques.

PREMIERE PROPOSITION.

Quand un corps en repos est choqué par un autre corps, la vîtesse du corps choquant doit se partager entre les deux selon le rapport des masses.

C'est-à-dire, qu'après le choc, les deux corps continueront de se mouvoir selon la direction du corps choquant; et que la vîtesse de celui-ci ayant été diminuée par la résistance de l'autre, le ressant qui sera commun aux deux, doit être d'autant moindre, que le corps choqué aura plus de masse.

Ainsi le corps en repos ayant été choqué par une masse égale à la sienne, la vîtesse après le choc sera réduite à moitié.

Il restera les deux tiers de la vîtesse, si le corps qui choque est double de l'autre.

Si c'est le corps choqué qui est double en masse, sa vîtesse après le

choc ne sera que le tiers de ce qu'elle étoit auparavant : mettons ces trois cas en expérience.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 17, étant disposée de façon que le fil à-plomb soit parallele à la ligne *A B* ; que les deux fils de suspension *C D*, *E F*, soutiennent dans une même ligne, et à même hauteur, les centres de deux boules de terre molle, qui pesent chacune deux onces, et de maniere qu'étant en repos leurs surfaces se touchent en un point ; que la premiere graduation de chacune des deux regles mobiles *G*, *H*, soit vis-à-vis de chacun des fils ; et qu'enfin le petit curseur ou index *L*, soit placé un peu avant la troisieme graduation de la regle *G*, et l'autre index *M*, vis-à-vis la sixieme de l'autre regle *H*.

EFFETS.

La boule *F* portée en *M*, et abandonnée à son propre poids, va frapper l'autre boule *D* ; l'une et l'autre

IV. LEÇON.

s'applatissent également à l'endroit du contact, et après le choc elles se meuvent toutes deux du même côté, et le fil qui suspend la boule *D*, va toucher l'index *L*.

EXPLICATIONS.

Quand la boule *F* est tombée par un arc de six degrés, si elle ne trouvoit point d'obstacle, elle remonteroit dans la partie opposée, par un arc semblable. C'est une chose dont on peut s'assurer en ôtant de son chemin la boule *D*; et nous en dirons la raison en expliquant les phénomenes de la pesanteur. Ainsi lorsqu'en venant du point *M*, elle se trouve en *F*; son mouvement alors est tel, qu'il peut élever sa masse de deux onces dans un arc de six degrés. Mais une force qui peut transporter une masse de deux onces à six degrés de distance dans un temps donné, ne peut porter qu'à la moitié de cette distance une masse double en pareil temps. Or quand la boule *F* rencontre la boule *D*, qui ne lui permet de passer outre qu'en l'emportant avec elle; c'est une vîtesse de

6 degrés appliquée à une masse de 4 onces, et l'une et l'autre ensemble doivent cesser de se mouvoir, après avoir parcouru seulement trois degrés, comme l'expérience le fait voir.

Il se fait dans le temps du choc un applatissement aux deux boules, et dans le cas présent cet applatissement est égal de part et d'autre. Ces deux faits méritent d'être observés et expliqués.

Nous avons déjà dit que rien ne se fait avec précision, et par saut, dans la nature; et que les effets les plus prompts, et qui paroissent instantanés à nos sens, ne sont jamais produits que dans un temps fini, c'est-à-dire, dans un temps dont la durée n'est pas la plus courte qu'on puisse imaginer. Lorsque les deux boules commencent à se toucher, les parties les plus avancées de la boule choquante ont déjà perdu une partie de leur vîtesse, pendant que le centre et les parties les plus reculées ont encore toute la leur; ce n'est donc qu'après quelques instants (fort courts à la vérité) que cette masse ralentie

prend une vîtesse également retardée dans toutes ses parties. Mais si les parties d'un corps se meuvent plus vîte les unes que les autres, leur position relative, ou (ce qui est la même chose) la figure du corps doit être changée. L'applatissement de la boule *F* est donc un effet et une preuve de sa vîtesse retardée successivement en plusieurs temps.

On doit dire le même chose de la boule choquée : elle ne passe pas toute en un même instant de son état de repos à trois degrés de vîtesse ; les parties immédiatement exposées au choc, se meuvent et plutôt et plus vîte que le centre et l'hemisphere qui est au-delà : et ces déplacements successifs occasionnent une introcession de matiere qui change la figure.

Mais ces applatissements dans l'une et dans l'autre boule, sont causés par l'inertie qui s'oppose au changement d'état de chacune d'elles ; et cette inertie est égale à la masse : ainsi dans le choc de deux corps, dont les poids sont égaux et de même matiere, les applatissements doivent aussi se faire également de part et d'autre.

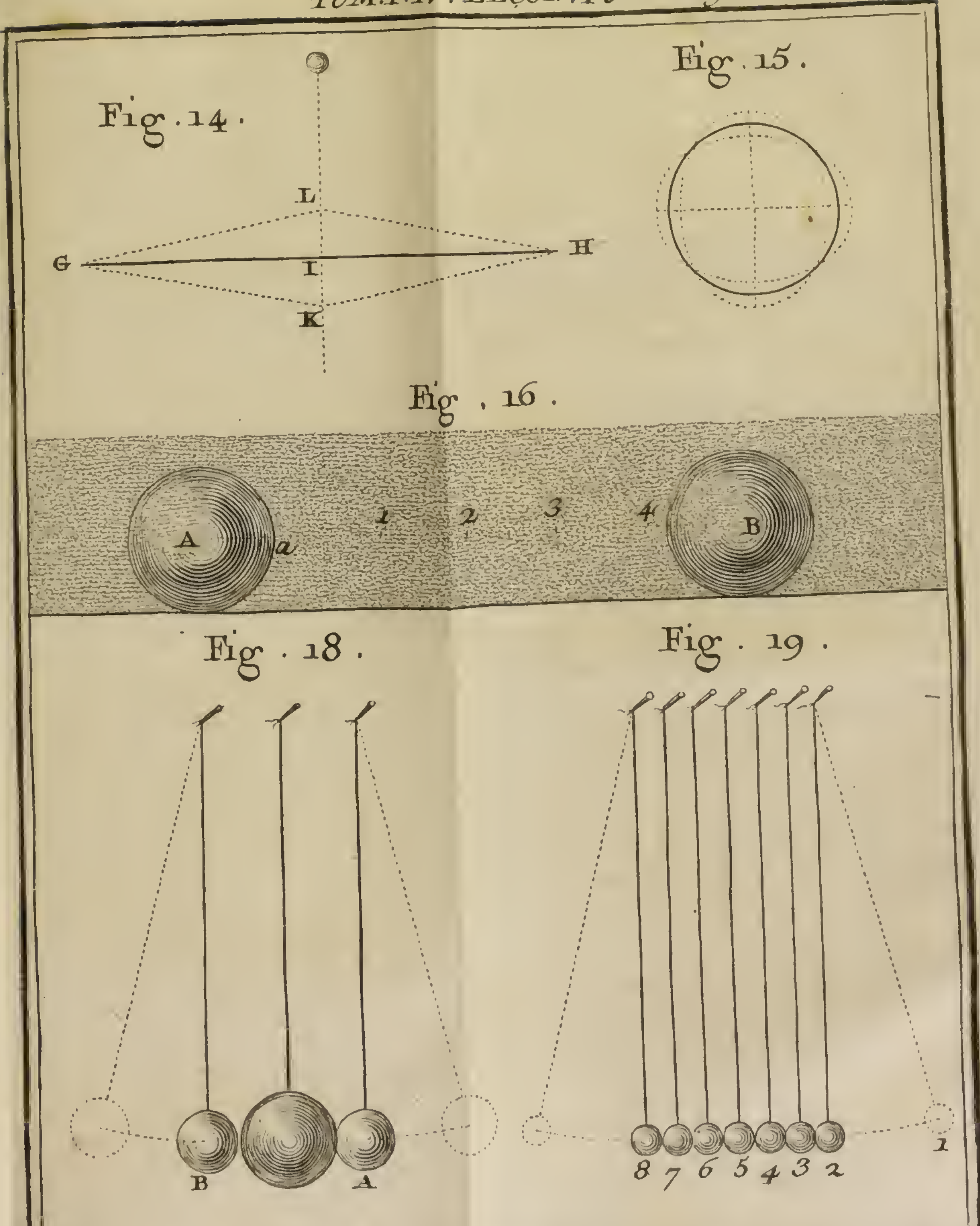
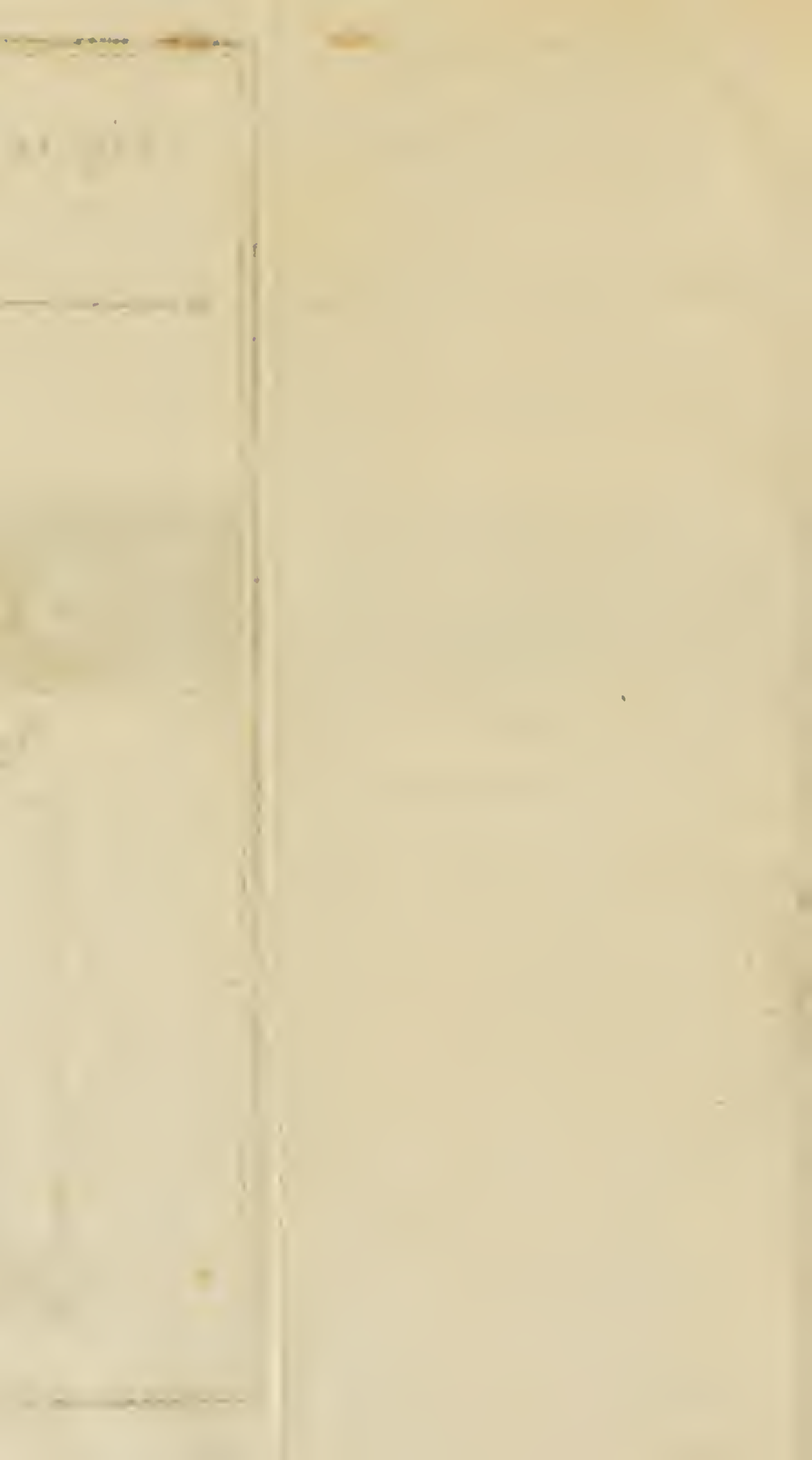


Fig. 14.
L
G
H
I
K
Fig. 15.
Fig. 16.
A
a
1
2
3
4
B
Fig. 18.
B
A
Fig. 19.
8 7 6 5 4 3 2
1



II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On fait la boule *D* de 4 onces, la boule *F* de 2 onces : on laisse la premiere en repos, et l'on donne à l'autre 6 degrés de vîtesse, le reste étant disposé comme dans l'expérience précédente.

EFFETS.

Après le choc, les deux boules continuant de se toucher, parcourent ensemble deux espaces de l'échelle, et l'applatissement de part et d'autre est plus grand que dans le cas précédent.

EXPLICATIONS.

La boule *F* en descendant de six espaces reçoit six degrés de vîtesse, c'est-à-dire, qu'elle peut porter son propre poids l'espace de six degrés vers la partie opposée. Mais ce poids étant augmenté de deux tiers en sus par la rencontre de la boule *D*, qu'elle emporte avec elle, sa force ne suffit plus que pour un tiers de l'espace qu'elle auroit parcouru si

IV. LEÇON. rien ne s'étoit opposé à son passage.

Quant à l'applatissement, il doit être d'autant plus grand, que le corps choqué à résisté plus long temps à son déplacement; puisque, comme nous l'avons dit, c'est cette résistance qui interrompt l'uniformité de vîtesse dans les parties de chaque boule : or dans le cas présent, la boule *D* résiste une fois plus que n'aurait fait une boule de deux onces. Il y a donc eu lieu à l'enfoncement d'un plus grand nombre de parties.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans cette expérience on procede comme dans les deux autres; excepté seulement qu'on donne à la boule *D*, qui est en repos, deux onces de masse, et quatre onces à la boule *F* que l'on fait mouvoir avec six degrés de vîtesse.

EFFETS.

Les deux boules unies après le choc, parcourent quatre espaces; et les applatissemens sont moins forts que dans les deux cas précédents.

EXPLICATIONS.

Ce que nous avons dit pour expliquer les deux expériences précédentes, suffit pour rendre raison de celle-ci. Il faut toujours considérer les deux boules après le choc, comme ne faisant qu'une même masse; et l'on doit faire attention aussi, que 6 degrés de force qui pouvoient porter une masse de 4 onces dans un espace de 6 degrés, n'en peuvent pas transporter une de 6 aussi loin. Si la résistance de 4 onces devoit consumer taute la force après cet espace parcouru, un tiers d'augmentation au poids doit aussi diminuer le tiers de l'espace, et par conséquent au lieu de 6 degrés qu'auroit parcourus la boule *F* toute seule et sans obstacle, étant jointe à la boule *D* qu'elle a mise en mouvement, elle n'en peut plus parcourir que 4.

Mais comme la boule *D*, qui ne pese que deux onces, a moins résisté que lorsqu'elle en pesoit quatre ou trois, elle a moins donné lieu à l'enfoncement de ses parties. et réciproquement elle a moins retardé les par-

ties antérieures de la boule *F*. Car on conçoit aisément que si elle prenoit tout d'un coup, et dans un instant indivisible, toute la vîtesse qui lui doit être communiquée, il n'y auroit aucun applatissement de part ni d'autre, puisqu'elle fuiroit devant la boule *F* dès l'instant du contact, avec une vîtesse égale à celle du corps choquant, ce qui la feroit échapper à son action.

APPLICATIONS.

Puisque dans le choc où l'un des deux corps est en repos, la vîtesse du corps choquant diminue à proportion de la masse du corps choqué, on doit en tirer cette conséquence, que le mouvement doit être insensible après le choc, si celui qui est en repos, est infiniment plus grand que celui qui vient le frapper; et c'est par cette raison, sans doute, qu'un boulet de canon paroît avoir perdu tout son mouvement, quand on l'a tiré contre un rempart ou contre une grosse tour; car la vîtesse qui lui reste après le coup est à celle qu'il a communiquée, comme sa masse est à celle

de l'obstacle qu'il a frappé, c'est-à-dire, comme une quantité infiniment petite à une quantité infiniment grande.

C'est aussi en conséquence de ce principe, que l'on dit que la plus grosse masse est toujours déplacée, (quoiqu'infiniment peu) par la percussion du plus petit corps. Mais je ne vois pas qu'on soit obligé d'admettre cette proposition comme une suite nécessaire de la loi que nous venons d'etablir, à moins qu'on ne suppose le corps choqué absolument inflexible; autrement, s'il est aussi grand qu'on peut l'imaginer, sa résistance sera assez durable pour consumer toute la vîtesse sensible du mobile par l'introcession des parties occasionnée par le choc.

Les expériences que nous venons de rapporter, nous apprennent aussi pourquoi en général tous les corps se rompent, ou perdent plutôt leur figure en heurtant contre des obstacles inébralables, que lorsqu'ils en rencontrent de mobiles. Une chaloupe se brise contre un rocher, elle ne périt point par le choc d'une au-

tre chaloupe qu'elle rencontre en repos. C'est que le rocher ne cédant que peu ou point au mouvement de la chaloupe, les parties de celles-ci qui commencent le choc, ont déja perdu toute leur vîtesse, pendant que les autres ont encore toute la leur. Il se fait donc un changement de figure, les pieces sont contraintes et se rompent, si le choc est assez violent; au lieu que si le bateau rencontre un corps flottant qui obéisse à son impulsion, les parties exposées au choc ne sont point entiérement arrêtées, et les autres sont peu-à-peu retardées comme elles.

Les ouvriers qui travaillent du marteau, disent que le coup porte à faux, quand la matiere qu'ils travaillent lui échappe, soit parce qu'elle n'est pas suffisamment soutenue, soit parce que l'instrument est mal dirigé : et le forgeron se plaint avec raison d'une enclume trop légere, ou qui est placée sur un plancher peu solide : car alors le fer qu'il travaille, cédant avec son point d'appui, le coup n'a point tout son effet, comme il l'auroit si l'enclume

plus ferme tenoit dans un parfait repos le côté du fer qui la touche, pendant que le marteau frappe sur l'autre.

Le jeu du mail a tant de rapport à notre premiere proposition sur le choc des corps, et aux expériences que nous avons employées pour la prouver, qu'il est presqu'inutile d'en faire ici l'application. Pour peu qu'on y fasse attention, on verra bientôt sur quoi sont fondées les proportions qu'il faut mettre entre la masse du mail et la boule; comment l'un, au moyen d'un long manche, reçoit du joueur une très-grande vîtesse; pourquoi, et dans quel rapport, une partie de cette vîtesse est communiquée à l'autre.

II. PROPOSITION.

Quand deux corps qui se meuvent du même sens avec des vîtesses inégales, viennent à se heurter, soit que leurs masses soient égales, ou non, ils continuent de se mouvoir ensemble et dans leur premiere direction, avec une vîtesse commune, moins grande que celle du corps choquant, mais plus grande

que celle du corps choqué, avant la percussion.

Dès qu'on suppose que les deux corps se meuvent dans le même sens, il faut nécessairement que celui qui précede, aille moins vîte que l'autre, pour être choqué : car s'ils alloient tous deux avec des vîtesses égales, il est évident qu'ils ne s'approcheroient point, et par conséquent il n'y auroit point de choc. Quand le corps qui a le plus de vîtesse rencontre celui qui en a moins, la lenteur de l'un fait obstacle à l'autre; mais cet obstacle est mobile; et il doit partager l'excès de vîtesse du corps choquant, à raison de sa masse, comme on l'a fait voir ci-dessus. Les expériences qui suivent, feront connoître dans quel rapport la vîtesse est retardée dans l'un, et accélérée dans l'autre.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut faire les boules *D* et *F* du poids de 2 onces chacune, et les laisser tomber en même temps, l'une par

un arc de 3 degrés, et l'autre par un arc de 6, pris du même côté.

EFFETS.

Ces deux boules se joignent à l'endroit où leurs fils de súspension se trouvent perpendiculaires à l'horizon: il se fait à l'un et à l'autre un petit applatissement, après quoi elles continuent de se mouvoir ensemble du même côté, et remontent un arc de 4 degrés et demi.

EXPLICATIONS.

La boule *F* ayant 6 degrés de vîtesse propre contre 3, s'est approchée de la boule *D* avec une vîtesse respective, qui étoit 3 excès de 6 sur 3. Nous dirons ailleurs pourquoi, lorsque leur mouvement se fait dans des arcs du même cercle, quoiqu'inégaux, les deux boules se choquent précisément à l'endroit le plus bas de leur chûte.

Quant aux enfoncements des parties qui se touchent dans le choc, ils doivent être proportionnels à la vîtesse respective, qui est moindre que la vîtesse obsolue ou propre de

IV. LEÇON.

la boule choquante , , dans le cas présent , où la boule choquée qui se meut du même sens , échappe en partie à son effort.

Enfin les deux boules remontent ensemble un arc de 4 degrés et demi ; c'est-à-dire , que leur vîtesse commune comparée à celle de la boule *F* avant le choc, se trouve diminuée d'un quart ; et c'est à quoi l'on devoit s'attendre : car le corps choquant ayant 6 degrés de vîtesse, et rencontrant un autre corps d'une masse égale à la sienne qui n'en a que 3, doit en perdre autant qu'il faut qu'il en communique à l'autre pour le mettre en état d'aller aussi vîte que lui : or l'égalité des masses exige qu'il lui en donne 1 et demi, qui est la moitié de 3, différence des deux vîtesses avant le choc et : et 1 et demi ôté de 6 et ajouté à 3, fait qu'il se trouve 4 et demi dans l'un, et autant dans l'autre.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Cette expérience se fait comme la premiere , avec cette différence que

que la boule *D* pese 4 onces, et la boule *F* 2 onces : les vîtesses restant dans le rapport de 3 à 6.

EFFETS.

Après le choc, les deux boules continuent de se mouvoir ensemble ; les applatissemens sont plus grands que dans l'expérience précédente, et l'arc qu'elles parcourent est de 4 degrés.

EXPLICATIONS.

Tout ce que nous avons dit pour expliquer la premiere expérience, suffit pour faire entendre celle-ci ; il ne s'agit que d'appliquer les mêmes raisons en gardant les proportions. L'excès de vîtesse dans la boule *F*, avant le choc, étoit de 3, qui a dû diminuer des deux tiers par la résistance de la boule *D* dont la masse est double : ainsi après le choc, il a dû se trouver 4 degrés de vîtesse, puisque de 6 qui étoient dans le corps choquant, il ne s'en est perdu que 2 par l'action qui a rendu la vîtesse uniforme dans les deux boules.

Les applatissemens ont été plus

IV. LEÇON.

grands que dans la premiere expérience, parce que la résistance du corps choqué a été plus forte ; c'est ce que l'on reconnoîtra d'abord, si l'on fait attention que la boule *D* étant de 4 onces, a consumé un tiers de la vîtesse du corps choquant, au lieu qu'étant seulement de 11 onces dans le cas précédent, elle n'en a consumé que le quart.

III. EXPÉRIENCE.

Préparation.

On donne à la boule *D* 2 onces de masse, à la boule *F* 4 onces, et l'on met les vîtesses dans le rapport de 6 à 3.

Effets.

La boule *D*, après le choc, est emportée par la boule *F*, de sorte qu'elles parcourent ensemble un arc de 5 graduations, et les applatissemens sont moindres que dans les deux expériences précédentes.

Explications.

La boule *F* partageant son excès

de vîtesse qui est 3, avec une masse qui est moitié moins grande que la sienne, en retient les deux tiers; les deux masses jointes ensemble après le choc, doivent donc représenter 6 degrés de vîtesse, moins un que la résistance du corps choqué a retranché, avant que de prendre un mouvement uniforme à celui du corps choquant.

Les applatissemens ont été moins grands que dans les cas précédens, parce que la résistance a été moins forte de la part du corps choqué; car 2 onces de masse résistent moins à 4 onces, que 4 à 2, ou 2 à 2; les vîtesses étant toujours en même rapport.

APPLICATIONS.

Il est aisé de voir, par les expériences de la seconde proposition, qu'après le choc de deux corps, dont l'un va plus vîte que l'autre dans la même direction, les vîtesses propres, pour devenir uniformes, changent, dans l'un de plus en moins, et dans l'autre de moins en plus; puisque celle du corps *D* a toujours été aug-

IV. LEÇON.

mentée, et que celle du corps *F* au contraire a toujours souffert quelque diminution. C'est ainsi qu'un bateau qui obéit à l'impulsion des rames, reçoit un accroissement de vîtesse, en retardant celle d'un volume d'air agité, dans la direction duquel on le mene; il va moins vîte que le vent, mais son mouvement est toujours plus prompt, que s'il n'allait qu'à force de bras.

Le vol le plus rapide, la course la plus légere, n'empêchent pas que le plomb du chasseur ne frappe la piece de gibier qui fuit devant lui; mais à égale distance, le coup est moins sûr que si l'animal étoit posé ou qu'il vînt en sens contraire; et l'on sait qu'un lievre, un chevreuil, etc. tiré en flanc, est plus facilement arrêté, que quand il fuit devant le coup. Une des raisons qu'on en peut donner, c'est qu'alors la vîtesse respective du plomb est plus grande, parce que l'animal se meut dans une direction qui ne l'éloigne que peu ou point du chasseur, et qu'à cet égard, il est comme fixe. Nous avons vu par les expériences de la premiere proposi-

tion qu'en pareil cas, le choc est plus grand.

III. PROPOSITION.

Si les deux corps qui doivent se choquer, se meuvent en sens directement contraires, le mouvement périra dans l'un et dans l'autre, ou au moins dans l'un des deux : s'il en reste après le choc, les deux corps iront du même sens; et la quantité de leur commun mouvement sera égale à l'excès de l'un des deux avant le choc.

C'est-à-dire, que dans le cas où les deux mouvemens seroient égaux avant le choc, les deux mobiles seroient réduits au repos. Et si l'un des deux, avant le contact, en avoit davantage, il ne resteroit après la percussion, que la quantité excédante, qui seroit le mouvement commun des deux corps. Deux expériences mettront ceci en évidence.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La boule *D* pesant 2 onces, et la boule *F* autant, on éleve l'une par

un arc de 6 degrés d'une part, et l'autre par un arc semblable du côté opposé ; et on les laisse tomber en même temps.

EFFETS.

Ces deux corps se rencontrent au lieu le plus bas de leur chûte, où ils demeurent en repos ; et leurs applatissemens sont plus grands que dans les cas où la boule *F* est tombée par un arc semblable contre *D* en repos, ou qui fuyoit devant elle.

EXPLICATIONS.

Dans cette expérience, la quantité du mouvement est égale de part et d'autre, car dans l'une et dans l'autre boule, avant le choc, on compte 6 degrés de vîtesse multipliés par 2 onces de masse. Deux corps qui se rencontrent allant en sens contraires, se font réciproquement résistance ; ici de part et d'autre, la force ou la puissance est retenue en équilibre par une résistance égale, et cet équilibre fait naître le repos dans les deux mobiles.

Les applatissemens sont plus grands qu'ils n'ont été dans les expériences

des deux premieres propositions, où nous avons toujours donné 6 degrés de vîtesse au corps choquant; mais il faut faire attention que dans celle-ci la vîtesse respective d'où dépend la force du choc, est doublée ou plus que doublée. Car lorsque la boule *D* étoit en repos avant le choc, la vîtesse respective de *F* n'étoit autre chose que sa vîtesse propre; c'est-à-dire, 6; ou moins que 6, lorsque la boule *D* fuyoit devant elle: ici les deux boules ayant chacune 6 degrés de vîtesse propre en allant l'une vers l'autre, la vîtesse respective est 12; c'est-à-dire, que l'espace qui les sépare avant le choc, est parcouru en une fois moins de temps.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

On fait mouvoir les deux boules *D* et *F* l'une vers l'autre, comme dans l'expérience précédente, et l'on met leurs quantités de mouvement dans le rapport de 12 à 24, en doublant la masse ou la vîtesse de *F*.

EFFETS.

Les deux boules, après le choc, continuent de se mouvoir dans la direction de *F* avec 2 degrés de vîtesse, si l'on a doublé le mouvement par la masse ; ou avec 3, si c'est par la vîtesse.

EXPLICATIONS.

Si les 24 degrés de mouvement de la boule *F* lui viennent de 4 onces de masse, et de 6 degrés de vîtesse : lorsqu'elle rencontre la boule *D* venant contre elle avec 12 degrés de mouvement, produit de 2 onces par 6 de vîtesse, elle oppose sa double masse et la moitié de sa vîtesse pour l'arrêter, et cela suffit ; car trois de vîtesse multipliant 4 de masse, égale tout le mouvement de la boule *D*, qui est 12 ; il reste donc à la boule *F* 3 degrés de vîtesse, avec lesquels elle continue d'agir sur *D*, qu'on doit considérer comme en repos immédiatement après le contact. Mais elle ne peut mouvoir un corps en repos qu'en lui communiquant de la vîtesse aux dépens de la sienne, et nous

avons vu que cette communication se fait en raison des masses; comme la boule *D* n'a que 2 onces de masse contre 4, la boule *F* ne perd qu'un tiers de la vîtesse qui lui reste; ainsi la vîtesse commune après le choc est 2 pour deux masses qui, prises ensemble, égalent 6 onces.

On voit donc, 1.° que le mouvement qui reste après le choc, est égal à la différence des deux quantités avant le choc; car 12 est l'excès de 24 sur 12; 2.° que cette différence divisée par la somme des masses, donne la vîtesse commune après le choc; car 12 divisé par 6, somme de 2 et de 4 onces, donne 2 de vîtesse, comme l'expérience l'a représenté.

On trouveroit la même chose, si l'on avoit doublé le mouvement de la boule *F*, en doublant sa vîtesse propre. Car alors, pour arrêter la boule *D* qu'on suppose avoir 12 degrés de mouvement, et égale en masse, elle perdroit 6 degrés de vîtesse; et pour l'emporter avec elle, il faudroit qu'elle lui en communiquât encore 3, de 6 qui lui restent. Après le choc, il resteroit donc 3 degrés de vîtesse

IV. LEÇON.

commune à 4 onces de masse, somme des deux boules, et par conséquent la quantité du mouvement seroit toujours douze, différence de vingt-quatre à douze.

APPLICATIONS.

Ces dernieres expériences font connoître en général, pourquoi il faut employer plus de force pour repousser un mobile dans un sens contraire à son mouvement, que pour l'arrêter simplement; car non-seulement il faut employer une force équivalente à la sienne, pour vaincre son premier mouvement; mais il faut encore ajouter toute celle qui est nécessaire, pour lui en faire reprendre un autre. C'est pourquoi l'on fait plus d'effort pour faire rétrograder une boule qui roule sur un plan, que pour la fixer en s'opposant à son passage. Mais nous avons vu en même temps, que l'effort d'un mobile qui vient contre un autre, peut croître, et par la vîtesse et par la masse. On ne doit donc pas être surpris que les joueurs de paume trouvent quelquefois le battoir ou la raquette trop lé-

gers ; puisqu'en supposant le coup frappé avec la même vîtesse, son effet doit être moins grand, si la masse avec laquelle il est porté, est plus foible.

COROLLAIRE.

Il suit des deux premieres propositions et des expériences qu'on a employées pour les prouver, 1.° que quand les mouvemens ne sont point réciproquement opposés, les deux masses réunies après le choc représentent la même quantité de mouvement qui subsistoit dans l'une d'elles ou dans toutes les deux, avant le contact. Prenons la premiere expérience de la premiere proposition pour exemple.

Avant le choc, tout le mouvement résidoit dans la boule *F*, et sa quantité étoit de 12, produit de 6 degrés de vîtesse par 2 onces de masse. Après le choc, la quantité du mouvement dans les deux boules réunies est encore 12, produit de 4 onces de masse par 3 de vîtesse commune. On peut aisément appliquer ce calcul aux autres expériences, et l'on trouvera toujours la même chose

IV. Leçon.

De cette premiere conséquence, il en naît une autre; c'est que si l'on connoît la vîtesse commune après le choc, on peut connoître quelle est la somme des masses; et réciproquement, la somme des masses fera connoître la vîtesse commune. Prenons pour exemple la premiere expérience de la seconde proposition.

La somme des mouvemens avant le choc, étoit 18, savoir 12, produit de 2 onces par 6 de vîtesse; et 6, produit de 2 onces par 3 de vîtesse. Selon la premiere conséquence, après le choc, les deux masses doivent représenter ensemble une quantité de mouvement qui égale 18. Je sais que la masse totale est 4 onces; je divise 18, quantité du mouvement, par 4, somme des masses, et j'ai 4 et demi pour la vîtesse commune.

De même je sais que la vîtesse commune est 4 et demi; je connois que la somme des masses est 4, en divisant 18 par 4 et demi.

Enfin, l'on voit par la troisieme proposition, 1.° que quand les corps se heurtent en sens contraires, il périt une partie du mouvement; 2.° que

l'on peut juger comme dans les autres cas, par la vîtesse commune après le choc, et par le rapport des masses, quelles ont été les vîtesses propres avant le choc; ou bien, quel est le rapport des masses, par la comparaison de la vîtesse commune avec les vîtesses propres.

ARTICLE II.

Du choc des Corps à ressort.

Dans toutes les expériences qui ont servi de preuves aux propositions énoncées sur le choc des corps non élastiques, nous avons toujours observé deux effets principaux, savoir une communication de mouvement du corps choquant au corps choqué, et un changement de figure ou applatissement à l'un et à l'autre à l'endroit du contact. Ces deux effets ont une cause commune, qui est la percussion; c'est par cette action que la vîtesse se transmet et se distribue uniformément entre les deux masses; mais pendant que cette répartition se fait entre les deux corps, leurs figures changent, et l'applatis-

IV. LEÇON.

sement qui en résulte, dépend particuliérement de la résistance plus ou moins longue du corps choqué : c'est pourquoi, quand bien même la vîtesse respective seroit toujours la même, la grandeur des applatissements varieroit toujours, suivant le rapport des masses qui se choquent, comme on a pu le remarquer par les expériences précédentes.

Dans le choc des corps à ressort, la nature suit toujours les mêmes loix qu'elle s'est prescrites, et que nous avons reconnues dans la percussion des corps non élastiques : mais comme les parties enfoncées par le choc se rétablissent avec la même vîtesse qu'elles ont été déplacées, ce dernier effet qui se mêle à celui du mouvement communiqué par le choc, apporte beaucoup de changement aux résultats.

Il faudra donc soigneusement distinguer deux sortes de mouvements dans la percussion des corps élastiques; l'un qui est indépendant du ressort, et que nous nommerons *mouvement primitif*; l'autre qui naît de la réaction des corps applatis ou com-

primés dans le choc, et que nous appellerons *mouvement de ressort*, *mouvement réfléchi*, ou simplement *réaction*.

IV. LEÇON.

PREMIERE PROPOSITION.

Quand un corps à ressort va frapper un autre corps à ressort qui est en repos, ou qui se meut du même sens que lui; celui ci après le choc se meut dans la direction du corps qui l'a frappé, et avec une vîtesse composée de celle qui lui a été donnée immediatement, ou par communication, et de celle qu'il acquiert par sa réaction après le choc; et le corps choquant dont le ressort agit en sens contraire, perd en tout ou en partie ce qu'il avoit gardé de sa vîtesse premiere: et si son mouvement réfléchi excede le restant de sa vîtesse premiere, il rétrograde suivant la valeur de cet excès.

Ces expressions générales s'entendront mieux, si nous en faisons des applications. Supposons donc que les masses soient égales; en conséquence de cette premiere proposition, je dis qu'après le choc, celui des deux corps qui étoit en repos, recevra tant par communication que

par sa réaction, une quantité de mouvement égale à celle qu'avoit l'autre corps avant la percussion; et que celui-ci sera réduit au repos par son ressort, qui detruira le reste de sa vîtesse primitive.

Si l'on suppose les masses inégales, et que le corps choque soit le plus petit, tous deux après le choc iront dans la direction du corps choquant; mais celui-ci aura moins de vîtesse que l'autre.

Enfin, si le corps choqué a plus de masse que l'autre, il ira seul dans la direction du corps choquant, et celui-ci retournera en arriere.

Réalisons ces trois suppositions par autant d'expériences qui serviront de preuves à notre premiere proposition et aux conséquences que nous en tirerons. Nous employons des boules d'ivoire bien rondes, que l'on suspend à des fils comme celles de terre molle, et avec la même machine.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La boule *D* en repos, pèse 2 onces;

la boule *F*, qui est égale, descend par un arc de 6 degrés.

EFFETS.

Après le choc, la boule *F* demeure en repos à l'endroit du contact, et la boule *D* parcourt un arc de 6 degrés dans la partie opposée; ce qui fait voir que le corps choqué a reçu une vîtesse égale à celle du corps choquant.

EXPLICATIONS.

La boule *F* ayant rencontré la boule *D* en repos, lui a communiqué la moitié de sa vîtesse, à cause de l'égalité des masses : et elle en a gardé 3 degrés par la même raison, pour continuer de se mouvoir dans la même direction. Tel seroit l'effet total de cette percussion, si les boules n'avoient point de ressort, comme on l'a vu par la premiere expérience de l'article premier. Mais à cause de l'élasticité, la boule *D* comprimée ou applattie, se rétablit en s'appuyant contre la boule *F*; ce qui fait que cette réaction la porte en avant, avec autant de vîtesse qu'elle a été compri-

IV. LEÇON.

mée. Or, cette vîtesse est la moitié de celle qui a fait rencontrer les deux boules, c'est-à-dire, 3 degrés. Ainsi après le choc, la boule *D* se meut avec 6 degrés de vîtesse, savoir 3 qu'elle a reçus par communication, et 3 qui lui viennent de sa réaction.

La boule *F* a gardé 3 degrés de sa vîtesse primitive; mais sa réaction qui est égale, se fait en sens contraire, et la réduit au repos.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La boule *D* étant de 2 onces, et la boule *F* de 4 onces, on donne à celle-ci 6 degrés de vîtesse, l'autre étant en repos.

EFFETS.

Après le choc, la boule *D* parcourt 8 espaces dans la direction de la boule *F*, et celle-ci continue de se mouvoir du même côté, et parcourt 2 espaces.

EXPLICATIONS.

Il faut considérer d'abord le mou-

vement communiqué en raison des masses, indépendamment du ressort; et voir ensuite ce que la réaction ajoute à ce premier effet, ou ce qu'elle en diminue.

Si les boules n'étoient point élastiques, *F* de 4 onces rencontrant *D* de 2 onces en repos, ne perdroit que 2 degrés de vîtesse des 6 qu'elle a, et les deux masses s'en iroient du même côté avec un mouvement commun, dont la vîtesse seroit 4, comme nous l'avons vu ci-dessus *. Mais après le choc, il y a réaction réciproque entre les deux boules, à cause de leur élasticité; et cette réaction est égale à 4 degrés de vîtesse communiquée, qui ont causé la compression. Il faut donc regarder cette réaction comme une force qui se déploie entre les deux boules, pour les repousser de part et d'autre; elle concourt avec le mouvement communiqué à la boule *D*, et elle l'augmente de moitié. Elle tend au contraire à détruire celui qui reste à la boule *F*; mais il faut faire attention que cette derniere masse est de 4 onces, double de l'autre, et que la

*I. Propo. III Expér.

réaction qui peut faire avancer deux onces de 4 espaces, n'en peut faire rétrograder que 2 à un poids qui est double : ainsi la boule *F*, malgré sa réaction, avance encore 2 graduations après le choc, en vertu de son mouvement primitif.

III. EXPÉRIENCE.

Préparation.

La boule *F* de 2 onces va frapper avec 6 degrés de vîtesse, la boule *D* en repos, qui pese 4 onces.

Effets.

Après le choc, la boule *D* parcourt 4 espaces dans la direction de la boule *F*, et celle-ci retourne de deux espaces en arriere.

Explications.

La résistance de la boule *D* contre la boule *F*, a réduit la vîtesse premiere de 6 à 2, en vertu de sa double masse ; mais les 2 degrés de vîtesse qu'elle a reçus par communication, ont occasionné une réaction de même valeur ; ce qui fait qu'elle parcourt

4 espaces en avant. La même réaction agissant sur *F*, qui ne pese que 2 onces, a dû produire un effet double; c'est-à-dire, qu'en vertu de son ressort, elle parcourroit 4 espaces en arriere; mais elle a gardé 2 degrés de sa premiere vîtesse : cet effet se réduit donc à moitié, elle n'en parcourt que 2.

APPLICATIONS.

On a pu remarquer par les résultats des trois expériences que nous venons de rapporter en preuves de notre premiere proposition, que le mouvement de réaction double toujours celui que le corps choqué acquiert par communication. Car lorsque la boule *D*, en vertu du mouvement primitif de *F*, n'auroit dû avoir que 2, 3 ou 4 degrés de vîtesse, on a vu qu'elle en avoit 4, 6 ou 8.

On a dû observer encore que cette même réaction qui double le mouvement du corps choqué, pour aller en avant, tend avec autant de force à repousser le corps choquant en arriere; mais que ce dernier effet diminue comme la masse augmente. Car,

IV. LEÇON.

par exemple, lorsqu'en vertu de cette force, la boule de 2 onces recevoit 4 degrés de vîtesse en avant, la boule *F* de 4 onces n'en recevoit que 2 en arriere.

Ces deux observations feront comprendre la raison de plusieurs effets qu'on a tous les jours sous les yeux, et qu'on auroit peine à expliquer, si l'on ignoroit ces principes.

Tous les artistes qui travaillent en chambre sur des enclumaux, ou sur des tas d'acier, comme les planeurs, orfevres, horlogers, etc. ne manquent pas d'amortir les coups par un rouleau de nattes ou choses équivalentes, sur quoi ils établissent le billot qui porte l'instrument. Sans cette précaution, une grande partie de la force imprimée par le marteau, seroit transmise au plancher, et causeroit des ébranlemens préjudiciables à la charpente.

C'est par de semblables raisons, que l'on construit de briques les remparts des places fortifiées; si on les faisoit de grès ou de quelqu'autre pierre dure, les coups de canon venant à frapper ces corps élastiques,

transmettroient leur mouvement à une plus grande profondeur, et causeroient plus de dommage.

Les effets qui résultent de la réaction réciproque de deux corps élastiques qui sont comprimés par le choc, seroient les mêmes, si ces deux corps, abstraction faite de leur ressort, avoient pressé entr'eux une troisieme matiere capable de se rétablir ; comme si, par exemple, un anneau d'acier, *Fig.* 18, étoit frappé de part et d'autre, en même temps, par 2 boules *A* et *B*, suspendues à des fils ; cet anneau comprimé par le double choc repousseroit, en se rétablissant, les deux corps qui l'auroient choqué à des distances proportionnelles à leurs masses ; c'est-à-dire, également loin, s'ils étoient égaux, ou plus loin, celui des deux qui scroit le moins pesant.

On doit encore attendre la même chose d'un corps dont le ressort antérieurement tendu viendroit à se débander entre deux mobiles ; comme si l'anneau d'acier dont nous venons de parler, comprimé par un fil diamétral, venoit à se détendre contre

les deux corps *A* et *B* : ils seroient tous les deux repoussés en sens contraires et à des distances qui seroient en raison réciproque des poids.

Ces effets qui sont des conséquences de notre premiere proposition, doivent servir à expliquer le recul des armes à feu, celui des fusées, etc. Car on doit regarder la poudre qui s'allume entre la culasse et la balle ou le boulet, comme un ressort qui se déploie de part et d'autre ; son action produit dans les deux mobiles une vîtesse qui est d'autant plus grande dans l'un des deux, que sa masse est plus petite relativement à l'autre. Ainsi comme le canon, le mousquet, etc. (sur-tout si l'on fait attention aux obstacles qui les retiennent) sont beaucoup plus difficiles à mouvoir que le boulet ou la balle qui fait la charge ; on conçoit aisément pourquoi ce dernier mobile reçoit de la poudre enflammée une vîtesse incomparablement plus grande.

Une autre raison contribue encore à augmenter la vîtesse de la balle, c'est une certaine longueur au canon, qui donne le temps à la poudre de s'allumer

lumer, et de déployer toute son action; s'il est trop court, le plomb est déjà sorti, avant que l'explosion soit entiérement faite : c'est une des raisons pour lesquelles les pistolets ne portent jamais aussi loin que les fusils; et l'on fait le canon de ceux-ci plus long qu'à l'ordinaire, quand on les destine à tirer de fort loin. Mais cette longueur a ses bornes; et quand on les excede, au lieu de procurer à la balle une plus grande vîtesse, on lui fait perdre au contraire, par un frottement inutile, une partie de celle qu'elle auroit, si le canon avoit une meilleure proportion.

Quant au recul, on peut dire en général, qu'en supposant la quantité et la qualité de la poudre égales, un fusil repousse d'autant plus, que la charge de plomb fait plus de résistance, soit par son poids, soit par la bourre qui la retient.

Une fusée s'élève, parce que sa partie inférieure qui s'enflamme, fait l'office d'un ressort qui agit d'une part contre le corps de la fusée, et de l'autre contre un volume d'air qui ne cede pas aussi vîte qu'il est frappé;

IV. LEÇON.

et comme ce ressort se renouvelle continuellement, par l'inflammation successive de toutes les parties de la fusée, il en accélere le mouvement par deux raisons, 1.° parce que, résidant dans le mobile même, il ajoute toujours à sa vîtesse; 2.° parce que le poids ou la resistance de ce mobile diminue à chaque instant, par la dissipation des parties qui brûlent.

On pourroit demander ici pourquoi sur le tapis d'un billard, lorsqu'une bille est poussée contre une autre en repos, il n'arrive pas la même chose que dans la premiere expérience, qui paroît être le même cas? Pourquoi, les billes étant égales, celle qui choque, continue-t-elle presque toujours de se mouvoir? ne devroit-elle pas rester sans mouvement après le choc, comme il arrive à la boule *F*, lorsqu'elle rencontre *D* en repos.

Quoique ces deux cas paroissent semblables, ils different cependant entr'eux, en ce que la boule *F* de notre premiere expérience n'a qu'un mouvement simple et direct, au lieu que la bille qu'on lui compare en a

deux : car non seulement son centre est porté en ligne droite, mais en même temps elle roule sur le plan, et toutes les parties de sa surface décrivent des cercles paralleles autour de son axe. Lorsqu'elle rencontre une bille en repos, le mouvement direct de sa masse totale est arrêté par les raison que nous avons rapportees ; mais celui de ses parties autour de l'axe commun subsiste ; de sorte que dans l'instant du choc, si le plan s'évanouissoit, et qu'elle fût soutenue par ses poles, on la verroit tourner sans avancer ni reculer ; mais si ce mouvement de rotation se fait sur un plan, il faut de nécessité qu'il porte la bille en avant ; c'est une chose qui se conçoit aisément.

II. PROPOSITION.

Si deux corps élastiques égaux ou inégaux en masse, viennent se heurter avec des vîtesses propres, qui soient égales ou inégales, après le choc, ils se séparent, et leur vîtesse respective est la même qu'avant le choc.

Car si ces deux corps étoient sans

IV. LEÇON.

ressort, ou ils s'arrêteroient réciproquement, ou l'un des deux emporteroit l'autre, comme on l'a vu par les expériences du premier article. S'ils se séparent, c'est donc uniquement en vertu de leur réaction; mais nous avons vu aussi que cette réaction est égale à la compression, qui est comme la vîtesse respective avant le choc: celle qui en résulte après le choc, doit donc être semblable, et c'est ce que l'expérience confirme.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Préparation.

La boule *D* pesant 2 onces, et la boule *F* autant, on les fait tomber l'une contre l'autre par des arcs de 6 degrés chacun. C'est le cas où les masses et les vîtesses propres sont égales.

Effets.

Après le choc, les deux boules se séparent, et remontent chacune de son côté un arc de 6 graduations; ainsi les vîtesses propres sont de 6 degrés, et la vîtesse respective de 12, comme avant le choc.

EXPLICATIONS.

Les deux boules, en s'entrechoquant à forces égales, ont perdu tout leur mouvement primitif; mais la réaction, égale à la force avec laquelle elles se sont comprimées, ou (ce qui est la même chose) à leur vîtesse respective, les a remises en état de remonter les 6 espaces qu'elles avoient parcourus en descendant.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut donner à la boule *D* 4 onces de masse, et à la boule *F* 2 onces; et les faire tomber l'une contre l'autre; la premiere par un arc de 4 degrés, et la seconde par un arc de 8; c'est un des cas où il y a inégalité de masse et de vîtesse propres, quoique la vîtesse respective soit encore 12.

EFFETS.

Les deux boules après s'être heurtées, retournent à l'endroit d'où elles

sont parties avant le choc, ce qui fait voir que la vîtesse respective est la même que devant.

EXPLICATIONS.

Si les boules *D* et *F* de cette expérience n'avoient point de ressort, elles s'arrêteroient réciproquement, parce que leurs forces sont égales; car 4 onces de masse multipliées par 4 degrés de vîtesse, donnent 16 pour la quantité du mouvement, ce qui est égal à 8 degrés de vîtesse, multipliés par 2 onces de masse. Mais ces deux boules sont élastiques, et leur compression est l'effet d'une vîtesse respective de 12 degrés; la réaction est donc une pareille vîtesse appliquée d'une part à une boule de 2 onces, et de l'autre à une boule de 4 onces; mais la force qui peut transporter 2 onces au 8.e degré, n'en peut faire parcourir que 4 à une masse de 4 onces, pendant le même temps. Ainsi les deux boules, après le choc, ont dû revenir aux endroits d'où elles étoient parties, comme l'expérience l'a représenté.

APPLICATIONS.

Ce que nous avons enseigné touchant le choc de deux corps à ressort, a lieu aussi, quoiqu'il y en ait un plus grand nombre contigus les uns aux autres, et ces effets s'exécutent avec une promptitude admirable. Si l'on suspend, par exemple, 7 ou 8 boules d'ivoire, de maniere qu'elles aient leurs centres dans une même ligne, comme le représente la *Fig.* 19, et que l'on fasse tomber la premiere par un arc de cercle contre la seconde, la huitieme se séparera des autres avec une vîtesse semblable à celle qu'auroit eue la seconde après le choc, si rien ne s'étoit opposé à son passage; et si l'on en fait tomber deux ensemble contre la troisieme, les deux dernieres se sépareront des autres qui demeureront toutes en repos.

De même aussi, que l'on fasse tomber la huitieme contre la septieme d'une part, et de l'autre la premiere contre la seconde; ces deux boules choquantes remonteront, après le choc, par les mêmes arcs qu'elles auront parcourus en descendant, com-

me si leur percussion avoit été immédiate.

Pour expliquer ces effets, il faut se souvenir de ce que nous avons dit à la page 311, qu'une boule à ressort dans l'instant du choc, prend une figure ovale, par laquelle non-seulement la partie choquée est rapprochée du centre, mais encore celle qui lui est diamétralement opposée. Ces deux parties se rétablissent aussitôt, et avec des vîtesses égales à celle avec laquelle s'est faite leur compression. On conçoit donc que la seconde boule frappée par la premiere, se sépare d'abord un peu de la troisieme, et qu'ayant pris, tant par communication que par réaction, une vîtesse égale à celle du corps qui l'a heurtée, comme nous l'avons expliqué dans la premiere expérience de la premiere proposition, elle fait sur la boule suivante ce que la premiere a fait sur elle. La même chose se fait de la troisieme à la quatrieme, et ainsi de suite jusqu'à la derniere qui n'étant retenue par rien, obéit à l'impulsion qu'elle reçoit, et décrit un arc qui exprime une vîtesse semblable

à celle du premier corps choquant.

Ces exemples de mouvements communiqués par des corps élastiques et contigus, pourront nous servir dans la suite, pour appuyer quelques opinions (vraisemblables d'ailleurs touchant certains phénomenes sur l'explication desquels les Physiciens sont encore partagés Nous nous contentons pour le présent d'établir ces principes d'expériences, que nous rappellerons, et dont nous ferons usage à mesure que l'ordre des matieres le permettra.

COROLLAIRE.

On a pu remarquer par les expériences que nous venons de rapporter, que quand les corps à ressort se choquent de maniere qu'ils aillent dans la même direction, ou que l'un des deux reste en repos après le choc, la somme des mouvements est la même après comme avant la percussion; car immédiatement avant le choc de la premiere expérience, tout le mouvement réside dans la boule *F*, et sa quantité est 12, savoir 6 de vîtesse multipliés par 2 de masse; et après

IV. LEÇON.

le choc, pareille quantité se retrouve dans la boule *D* qui se meut seule.

Mais si l'un des deux retourne en arriere, la quantité du mouvement se trouve plus grande après qu'avant le choc, comme il paroît par le résultat de la troisieme expérience; car avant que la boule *F* rencontre la boule *D* en repos, sa quantité de mouvement est 12 : savoir 6 de vîtesse multipliés par 2 onces. Et après la percussion, la somme des mouvemens est 20; savoir, dans la boule *D* 16, produit de 4 onces par 4 degrés de vîtesse, et dans la boule *F* 4, produit de 2 onces par 2 de vîtesse.

Non-seulement la somme des mouvemens est plus grande après le choc, mais celui du corps choqué excede même en quantité celui du corps choquant, avant le contact. Car dans la boule *F* avant le choc, le mouvement étoit 12, et après la percussion, il est 16 dans la boule *D*, comme nous venons de le remarquer.

Cet excès ou cette différence de mouvement dans le corps choqué, égale précisément la quantité de celui qui rétrograde après le choc; c'est ce



qu'on appercevra d'abord, si l'on fait attention que la quantité du mouvement dans la boule *F* qui retourne en arriere, est 4, différence de 16 à 12.

Ainsi les masses étant connues, si l'on sait la vîtesse de celle qui rétrograde après le choc, on peut savoir la quantité du mouvement de l'autre, et quelle a été la somme du mouvement primitif.

Nous ne devons pas quitter cette matiere, sans avertir qu'on ne doit point estimer l'impulsion des fluides, selon les regles que nous avons établies touchant le choc des corps solides; ceux-ci ayant leurs parties liées, agissent selon toute leur masse; mais il n'en est pas de même de l'action des autres : à cause de la mobilité respective de leurs parties, il n'y a que ce qui est immédiatement et directement exposé au choc qui fasse effort; le reste ne perd point sa vîtesse, et par conséquent, ne contribue point à l'effort; c'est pourquoi l'eau et le vent ne communiquent pas tout d'un coup leur vîtesse actuelle à un mobile : ce n'est qu'après un certain temps, que celui-ci reçoit tout le mouvement qui

IV. LEÇON.

peut lui être transmis : c'est une chose dont il est aisé de se convaincre, en observant les ailes d'un moulin à vent, ou la roue d'un moulin à eau, quand elles commencent à se mouvoir.

Fin du premier Volume.

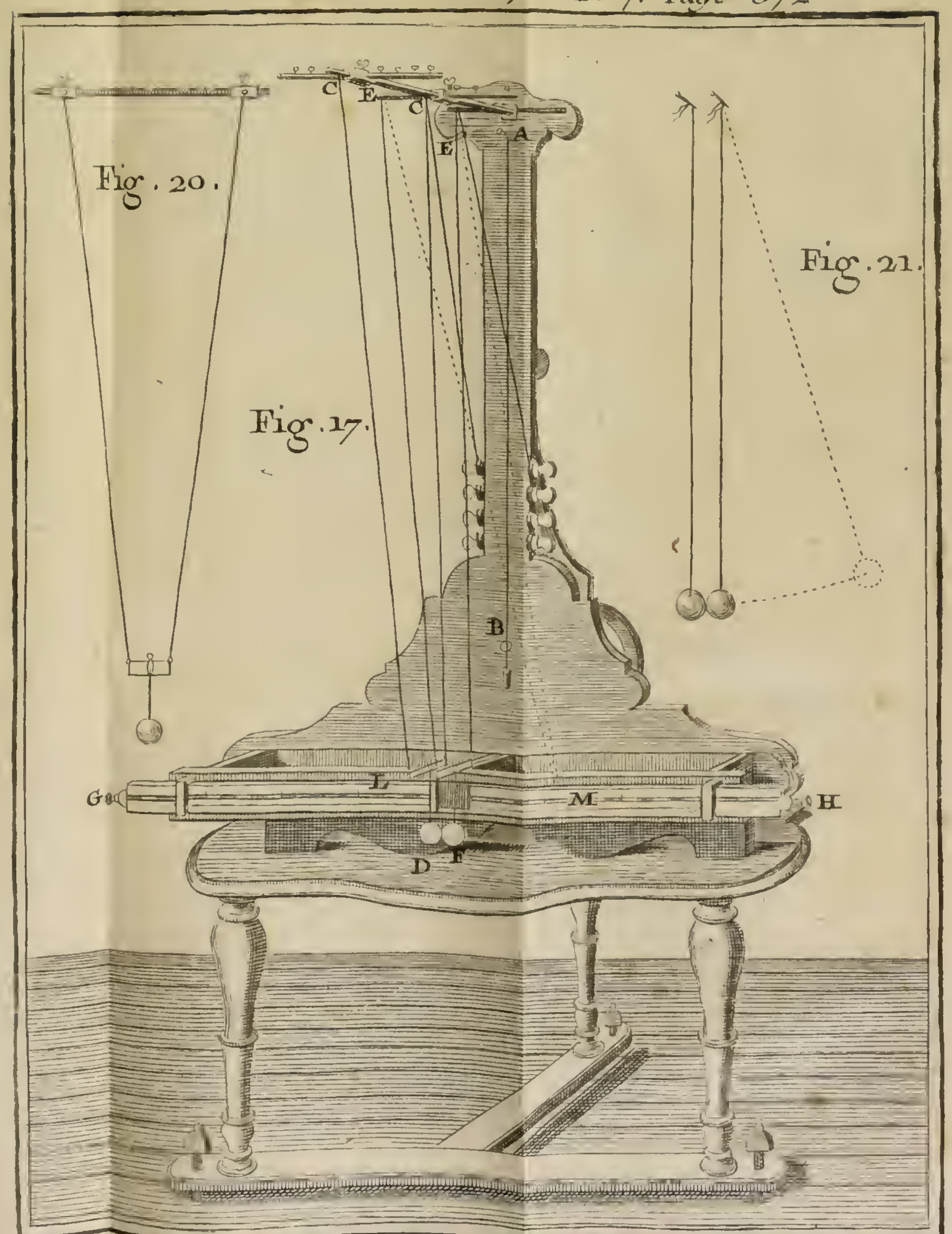


Fig. 20.
Fig. 17.
Fig. 21.
C
E
C
E
A
B
L
M
G
H
D
F

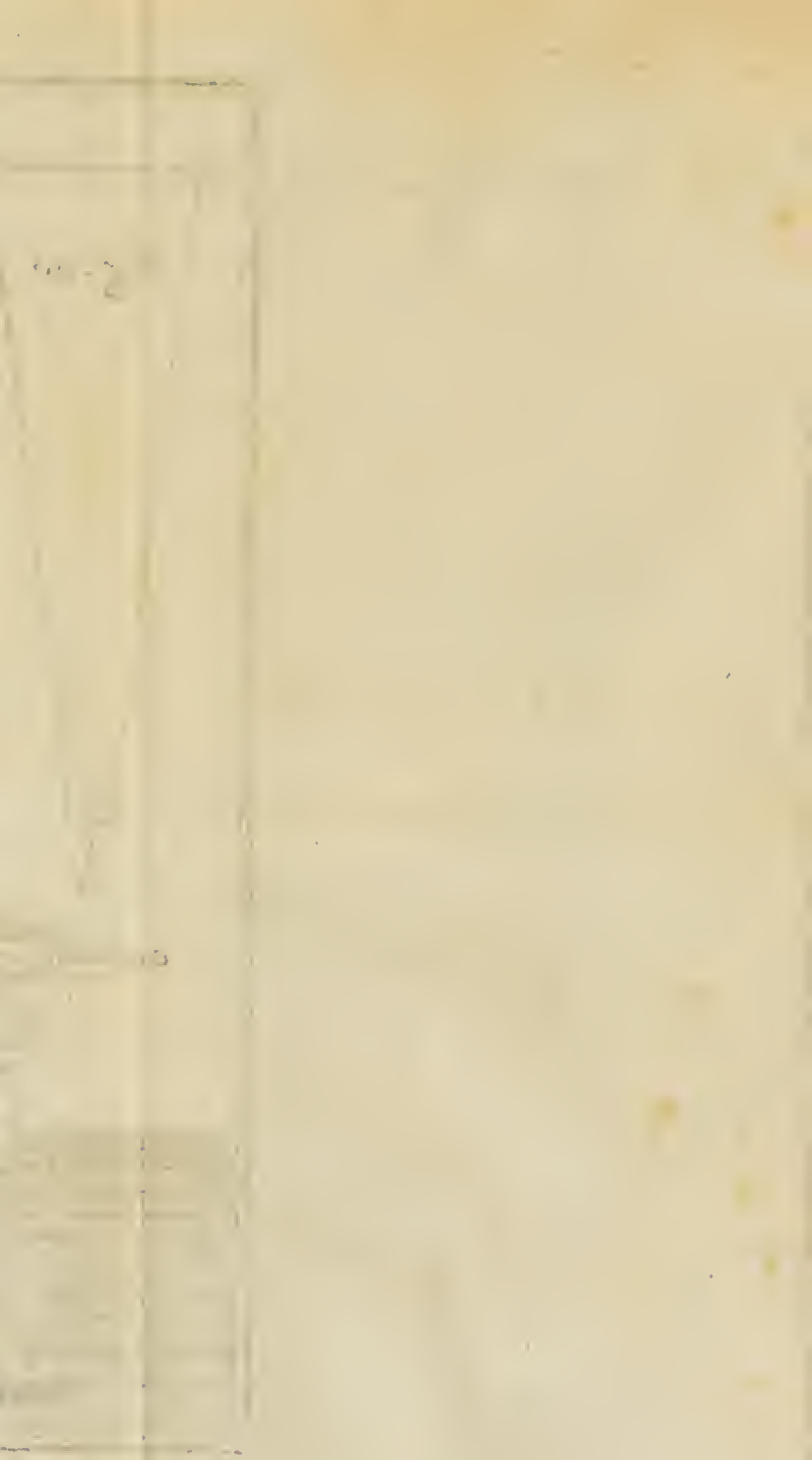


TABLE DES MATIERES

Contenues dans le premier volume.

PREMIERE LEÇON.

II. LEÇON.

De la porosité, compressibilité et élasticité des Corps.

III. LEÇON.

De la mobilité des Corps.

IV. LEÇON.

Suite des Loix du mouvement simple.

Fin de la Table des Matieres.

